



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

NÁVRH OBRÁBĚNÍ SOUČÁSTI VČETNĚ JEJÍ MONTÁŽE

DESIGN OF PART MACHINING INCLUDING IT'S ASSEMBLY

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Radek Ryšavý

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Milan Kalivoda

BRNO 2019

Zadání diplomové práce

Ústav: Ústav strojírenské technologie
Student: **Bc. Radek Ryšavý**
Studijní program: Strojní inženýrství
Studijní obor: Strojírenská technologie
Vedoucí práce: **Ing. Milan Kalivoda**
Akademický rok: 2018/19

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

Návrh obrábění součásti včetně její montáže

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Sledování průběhu vybrané součásti od konstrukčního návrhu přes výrobu až po montáž do vyššího montážního celku.

Cíle diplomové práce:

- Charakteristika zadané součásti.
- Rozbor výrobního procesu.
- Cenové kalkulace.
- Návrhy na upřesnění směřující ke zlepšení výroby.
- Experimentální obrábění pro ověření řešených parametrů včetně montáže.
- Technicko–ekonomické posouzení.

Seznam doporučené literatury:

FOREJT, Milan a Miroslav PÍŠKA. Teorie obrábění, tváření a nástroje. 1. vyd. Brno: CERM, s. r. o., 2006. 225 s. ISBN 80-214-2374-9.

FREIBAUER, Martin, Hana VLÁČILOVÁ a Milena VILÍMKOVÁ. Základy práce v CAD systému SolidWorks. 2. vyd. Brno: Computer Press, a. s., 2010. 326 s. ISBN 978-80-251-2504-5.

HUMÁR, Anton. Materiály pro řezné nástroje. 1. vyd. Praha: MM publishing, s. r. o., 2008. 240 s. ISBN 978-80-254-2250-2.

IMAI, Masaaki. Kaizen. 1. vyd. Brno: Computer Press, a. s., 2004. 272 s. ISBN 80-251-0461-3.

LEINVEBER, Jan, Jaroslav ŘASA a Pavel VÁVRA. Strojnické tabulky. 3. vyd. Praha: Scientia, s. r. o., 2000. 986 s. ISBN 80-7183-164-6.

MASLOV, J. N. Teorie broušení kovů. 1. vyd. Praha: SNTL, 1979. 248 s.

MÁDL, Jan et al. Jakost obráběných povrchů. 1. vyd. Ústí nad Labem: UJEP, 2003. 180 s. ISBN 80-7044-639-4.

PERNIKÁŘ, Jiří a Miroslav TYKAL. Strojírenská metrologie II. 1. vyd. Brno: CERM, s. r. o., 2006. 180 s. ISBN 80-214-3338-8.

PÍŠKA, Miroslav et al. Speciální technologie obrábění. 1. vyd. Brno: CERM, s. r. o., 2009. 252 s. ISBN 978-80-214-4025-8.

Příručka obrábění, kniha pro praktiky. 1. vyd. Praha: Sandvik CZ, s. r. o. a Scientia, s. r. o., 1997. 857 s. ISBN 91-972299-4-6.

PTÁČEK, Luděk et al. Nauka o materiálu I. 2. vyd. Brno: CERM, s. r. o., 2003. 516 s. ISBN 80-72-4283-1.

PTÁČEK, Luděk et al. Nauka o materiálu II. 2. vyd. Brno: CERM, s. r. o., 2003. 516 s. ISBN 80-72-4283-1.

SHAW, Milton Clayton. Metal Cutting Principles. 2nd ed. Oxford: Oxford University Press, 2005. P. 651. ISBN 0-19-514206-3.

ZEMČÍK, Oskar. Nástroje a přípravky pro obrábění. 1. vyd. Brno: CERM, s. r. o., 2003. 193 s. ISBN 80-214-2336-6.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2018/19

V Brně, dne

L. S.

prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

Tato diplomová práce je zaměřena na kusovou výrobu součásti a její následnou montáž. Jedná se o výměnnou vřetenovou hlavu s označením VA1 z produktového portfolia firmy TOS KUŘIM – OS, a.s. Mezi cíle diplomové práce patří charakteristika zadané součásti, následný rozbor stávajícího výrobního a montážního procesu. V kapitole cenové kalkulace jsou vyčísleny přímé a nepřímé vstupní náklady na výrobu součásti. Návrhy směřující ke zlepšení výroby byly předloženy ve firmě a nabídnuty k možné realizaci.

Klíčová slova

obrábění, výměnná vřetenová hlava, technologický postup, montáž, cenové kalkulace

ABSTRACT

This diploma thesis is focused on piece production of the component and its subsequent assembly. It is an interchangeable spindle head marked VA1 from the product portfolio of TOS KUŘIM - OS, a.s. The aims of the diploma thesis include the characteristics of the assigned component, the subsequent analysis of the current manufacturing and assembly process. In the price calculations chapter, the direct and indirect input costs for the part production are quantified. Proposals to improve production were presented to the company and offered for possible implementation.

Key words

machining, interchangeable spindle head, technological process, assembly, price calculations

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

RYŠAVÝ, Radek. *Návrh obrábění součásti včetně její montáže*. Brno 2019. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav strojírenské technologie. 66 s. 15 příloh. Vedoucí diplomové práce Ing. Milan Kalivoda.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma **Návrh obrábění součástí včetně její montáže** vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

.....
Datum

Bc. Radek Ryšavý

PODĚKOVÁNÍ

Tímto děkuji panu Ing. Milanu Kalivodovi za cenné rady a připomínky týkající se zpracování diplomové práce.

Dále bych chtěl poděkovat vedoucímu technologického úseku panu Ing. Petru Kupkovi za poskytnutí tématu diplomové práce ve firmě TOS KURIM - OS, a.s. Poděkování patří také technologům panu Ing. Petru Janíčkovi a panu Ing. Zdeňku Lorenzovi za pomoc při orientaci ve výrobním a montážním procesu.

Nakonec bych rád poděkoval své rodině a přítelkyni za podporu a trpělivost během celého studia.

OBSAH

ABSTRAKT	4
PROHLÁŠENÍ.....	5
PODĚKOVÁNÍ	6
OBSAH.....	7
ÚVOD	9
1 SPOLEČNOST TOS KUŘIM – OS, a.s.....	10
1.1 Profil společnosti.....	10
1.2 Historie a současnost společnosti.....	10
2 CHARAKTERISTIKA ZADANÉ SOUČÁSTI.....	12
2.1 Vřetenová hlava	12
2.1.1 Výměna vřetenových hlav	13
2.1.2 Výhody obráběcích strojů s automatickou výměnou vřetenových hlav	13
2.1.3 Nevýhody výměnných vřetenových hlav	14
2.1.4 Automaticky výměnné vřetenové hlavy společnosti TOS KUŘIM – OS, a.s....	14
2.2 Materiál.....	18
3 ROZBOR VÝROBNÍHO PROCESU	19
3.1 Zhodnocení kót	19
3.2 Technologický postup.....	19
3.3 Použité stroje.....	23
3.3.1 NILES EK3	23
3.3.2 TOS VARNSDORF W9	24
3.3.3 TOS KURIM FFQ 100 – OR/A14.....	25
3.3.4 KOVOSVIT VR 6A.....	26
3.3.5 KOVOSVIT MAS WKV 100.....	27
3.4 Použité nástroje.....	28
3.5 Montážní postup	47
3.5.1 Předmontáž	47
3.5.2 Montáž	48
3.5.3 Montáž na stroj	50
4 CENOVÉ KALKULACE.....	51
4.1 Přímé vstupní náklady	51
4.2 Nepřímé vstupní náklady	56
5 NÁVRHY NA UPŘESNĚNÍ SMĚŘUJÍCÍ KE ZLEPŠENÍ VÝROBY	62
5.1 Návrhy na změny v technologickém postupu.....	62

5.1.1 Sloučení operace vrtání s operací frézování	62
5.1.2 Částečné sloučení operace frézování s operací vrtání	62
5.1.3 Částečné sloučení operací vyvrtávání.....	62
5.2 Návrh nového CNC obráběcího stroje.....	63
6 EXPERIMENTÁLNÍ OBRÁBĚNÍ PRO OVĚŘENÍ ŘEŠENÝCH PARAMETRŮ VČETNĚ MONTÁŽE	64
7 TECHNICKO-EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ.....	65
ZÁVĚR	66
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	67
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	70
SEZNAM PŘÍLOH.....	73

ÚVOD

V říjnu loňského roku jsem navštívil 60. mezinárodní strojírenský veletrh, kde mě zaujaly produkty firmy TOS KUŘIM – OS, a.s. Po krátkém rozhovoru s představiteli společnosti jsme se domluvili na mé návštěvě firmy. Shodou okolností jsme zde měli o týden později exkurzi. Po prohlédnutí celého závodu jsem měl domluvené setkání s vedoucím technologického úseku a společně jsme vybrali téma pro moji diplomovou práci. V jejím rámci je sledován průběh vybrané součásti od konstrukčního návrhu přes výrobu až po montáž do vyššího montážního celku.

Produktové portfolio tohoto podniku tvoří horizontální obráběcí centra, portálová obráběcí centra a jednoúčelové stroje. Hlavní technologickou předností strojů společnosti je systém výměnných vřetenových hlav. Výměnné vřetenové hlavy se dělí do dvou skupin. Do první kategorie patří hlavy, které jsou k obráběcímu stroji připevněny napevno, a tedy je nelze měnit. Druhou, častější, variantou jsou automaticky výměnné vřetenové hlavy, které se upínají na čelo vřeteníku a lze je měnit v automatickém cyklu. Výměnné vřetenové hlavy jsou součástí velkých CNC frézovacích strojů a CNC obráběcích center. Usnadňují obrábění všech druhů ploch. Upínají se automaticky na čelo vřeteníku, tím pádem jsou poslední částí kinematického řetězce na výstupu.

Jako součást byla vybrána přímá výměnná vřetenová hlava s označením VA1. Hlava je konstruována na přenos maximálního krouticího momentu 2000 Nm a maximální otáčky vřetene 6000 min^{-1} . Vřetenová hlava je vyráběna v malém počtu kusů (2–3 za měsíc), jedná se tedy o kusovou výrobu.

Úvodní část diplomové práce seznamuje čtenáře s historií a současností společnosti TOS KUŘIM – OS, a.s. Jsou zde zmíněny stroje, které firma během své bohaté historie vyráběla a vyrábí dnes a jejich uplatnění na trhu strojírenského průmyslu.

Další kapitola patří charakteristice součásti a představení všech typů automaticky výměnných vřetenových hlav, které firma vyrábí.

Následuje rozbor výrobního procesu, ve kterém je přiblížen celý výrobní postup tělesa vřetenové hlavy a následná montáž. Je zde podrobně uveden technologický postup a dále popsány všechny stroje, na kterých se odlitek vřetenové hlavy obrábí a nástroje, pomocí kterých se těleso opracovává. Závěr kapitoly je věnován montáži, která se skládá z předmontáže, vlastní montáže a montáže výměnné vřetenové hlavy na stroj.

Dále jsou v diplomové práci vyčísleny přímé a nepřímé vstupní náklady, po kterých následují návrhy, které by mohly vést ke zlepšení výroby výměnné vřetenové hlavy. Návrhy byly předloženy ve firmě a nabídnuty k možné realizaci.

Firmou poskytnutá výkresová dokumentace nesmí být zveřejněna. Proto je v příloze k dispozici pouze zjednodušená skica, která je nakreslena podle původního výkresu.

1 SPOLEČNOST TOS KUŘIM – OS, a.s.

1.1 Profil společnosti

Firma TOS KUŘIM – OS, a.s. byla založena v roce 1942 a od té doby se stala průkopníkem v uvádění nejnovějších technologií do praxe. Obchodní značka tak brzy získala celosvětový status spolehlivosti a přesnosti v oblasti obráběcích strojů, které se mohou chlubit zejména dlouhodobou životností. Po rozšíření výrobních kapacit společnosti TOS KUŘIM – OS, a.s. došlo k přesunu výroby sesterské společnosti ČKD BLANSKO – OS, a.s. Výsledkem sjednocení byla vyšší efektivita výzkumných a výrobních procesů. V roce 2017 koupila firmu TOS KUŘIM – OS, a.s. hulínská strojírna TOSHULIN, a.s.

Společnost se zaměřuje na výrobu a prodej velkých frézek a obráběcích center, umožňujících obrábění těžkých, rozměrově a tvarově velmi složitých obrobků. Tyto součásti se obrábí použitím souvislého řízení v pěti osách až z pěti stran. Mezi produkty firmy patří zejména obráběcí centra s posuvným stojanem, automatické linky a portálová obráběcí centra. Výrobní program zahrnuje i technologická pracoviště uzpůsobená přímo potřebám zákazníků. Hlavní technologickou předností strojů z produktového portfolia TOS KUŘIM – OS, a.s. je systém výměnných vřetenových hlav.

Obráběcí stroje najdou své uplatnění v těžkém strojírenství, leteckém, železničním a lodním průmyslu, energetice, ve výrobě těžkých stavebních strojů a důlní technice.

Společnost TOS KUŘIM – OS, a.s. má zaveden systém jakosti dle EN ISO 9001:2000 a získala řadu ocenění za technické provedení strojů [1, 2].

1.2 Historie a současnost společnosti

Krátce po první světové válce došlo k prudkému rozvoji strojírenství. Mezi první závody na našem území, které zahájily sériovou výrobu obráběcích strojů – frézek a soustruhů – patřila brněnská ZBROJOVKA. Z jejich metod a tradic vycházela při svém vzniku i společnost TOS KUŘIM – OS, a.s.

S blížící se druhou světovou válkou začaly mít obráběcí stroje potřebnou kvalitu, a tak se soustruhy i frézky dobře prodávaly, a to i do zahraničních zemí. O obráběcí stroje byla velká poptávka, díky které se v roce 1938 vytvořil projekt nové strojírně. Mělo jít o velký samostatný závod, nacházející se mimo město Brno. Pro stavbu projektu byla vybrána kuřimská lokalita a na podzim roku 1941 započaly rozsáhlé územní práce. Výstavbu celého závodu urychlily požadavky na větší množství moderních obráběcích strojů, určených zejména pro výrobu válečných leteckých motorů, a proto bylo pět hal dokončeno už ke konci roku 1942. Nacházelo se v nich 350 soustruhů a frézek.

Na začátku roku 1943 se ve dvou halách zabydlela německá firma Klöckner, která vyráběla letecké motory. V tomto období měl závod 4 250 zaměstnanců, avšak v časech totalitního nasazení se počet pracovníků zvýšil na 15 tisíc.

Vzhledem k působení firmy Klöckner v prostorách kuřimského závodu, byl objekt v srpnu roku 1944 bombardován americkým letectvem. To způsobilo velké ztráty nejen na majetku, ale bohužel i na životech.

V roce 1945 dochází k ustavení národního podniku ZBROJOVKA BRNO s.r.o. a ze závodu se stává samostatný podnik Spojené továrny na obráběcí stroje sídlící v Praze a od tohoto období nastává trvalý rozvoj výroby.

K 1. lednu 1950 vznikl národní podnik TOS KUŘIM – OS, a.s. a vlivem rozvíjející se výroby byla v letech 1950–1953 vybudována slévárna šedé litiny, jedna z prvních komplexně mechanizovaných na území Československa.

I přes široký sortiment vrtacích a brousicích strojů patřily mezi nejvíce vyráběné stroje světoznámé soustruhy SV 18 (mezi roky 1945–1957 se vyrobilo 8 499 kusů) a SV 18R a frézky F3, F4 a F5, které v poválečném období tvořily největší část produkce. K dalším úspěšným strojům se řadily výkonné konzolové frézky řady FA, vyráběné ve více variantách až do roku 1982, portálové frézky řady FP nebo rovinné frézky FR. Vývoj těchto strojů skončil v roce 1975 a kompletní výkresová dokumentace byla předána roku 1987 do TOSHULÍN, a.s. Vůbec nejvíce vyráběným strojem byla nástrojařská konzolová frézka FNK 25, které se v různých verzích vyrobilo 11 733 kusů.

V 50. letech 20. století probíhal v závodě TOS KUŘIM – OS, a.s. vývoj a následně výroba přesných kuličkových šroubů. V té době byla firma jediným výrobcem kuličkových šroubů ve východní Evropě a v roce 1967 dodávala své produkty švédské firmě SAAB. O kvalitě kuřimských kuličkových šroubů vypovídala instalace titanového šroubu do kosmické družice Phobos, vyslané do vesmíru v roce 1976.

V průběhu let byla do působnosti TOS Kuřim začleněna řada firem, např. Mechana Brno (přesné stroje a nástroje), Moravské závody (brusiva), TOS Lipník (univerzální soustruhy), TOS Olomouc (konzolové frézky), Agrostroj Galanta (opravna) nebo TOS Znojmo (variátory). K datu 1. ledna 1991 se firma stává akciovou společností a oficiální název je TOS KUŘIM – OS, a.s.

Od roku 2005, kdy se stala 100% vlastníkem společnost ALTA, se společnost TOS KUŘIM – OS, a.s. zaměřila na větší stroje. Produktové portfolio tvoří horizontální obráběcí centra (TOS FS, TOS FU, TOS FUT), portálová obráběcí centra (TOS FRF, TOS FRU, TOS FRP), u kterých je od roku 2009 nabízena hydrostatika a jednoúčelové stroje (TOS Kulostroj). V roce 2017 koupila firmu TOS KUŘIM – OS, a.s. (obr. 1) hulínská strojírna TOSHULIN, a.s. [3, 4, 5].



Obr. 1 Vstup do firmy TOS KUŘIM – OS, a.s.

2 CHARAKTERISTIKA ZADANÉ SOUČÁSTI

Jako součást ke sledování celého průběhu od konstrukčního návrhu přes výrobu až po montáž do vyššího montážního celku byla vybrána výměnná vřetenová hlava s označením VA1, u které jsou maximální otáčky vřetene 6000 min^{-1} . Jedná se o jeden typ vřetenové hlavy z výrobního portfolia firmy TOS KUŘIM – OS, a.s. Polotovar je do firmy dodán společností Slévárna Kuřim, a.s. ve formě odlitku o váze 150 kg.

2.1 Vřetenová hlava

Vřetenové hlavy lze rozdělit do dvou skupin. Základní vřetenové hlavy jsou nevýměnné a používají se pro pevné zabudování na čelo. Druhou možnost nabízí automaticky výměnné vřetenové hlavy (obr. 2), které se automaticky upínají na čelo vřeteníku. Toto provedení je častější.

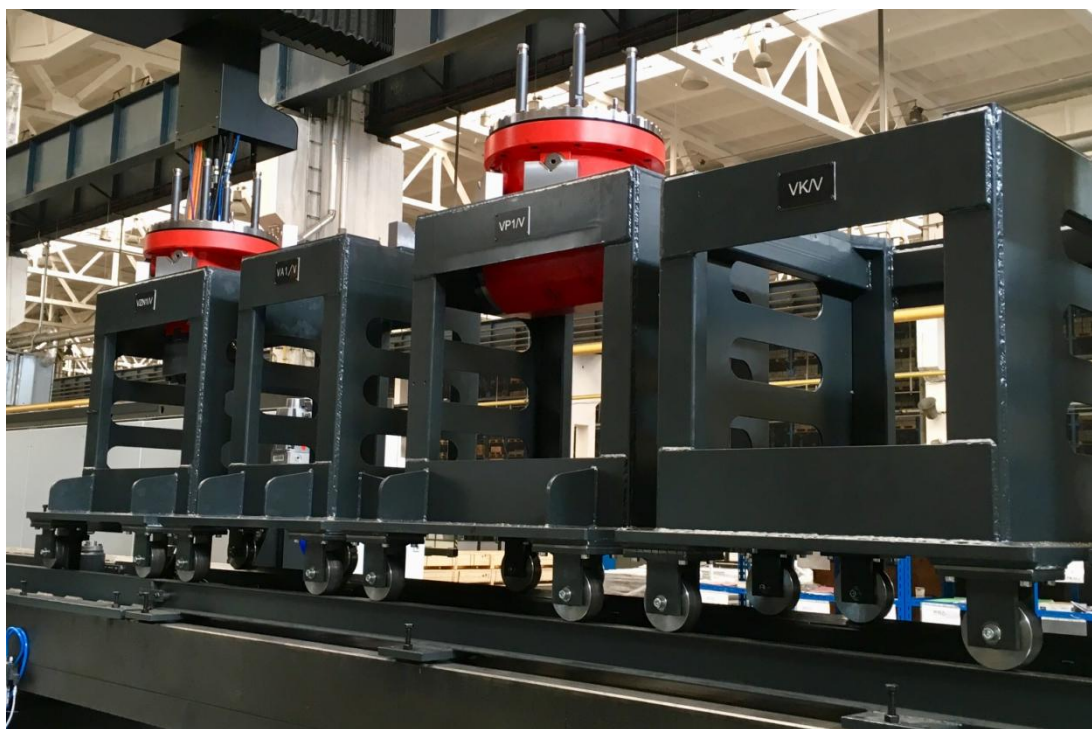
Výměnné vřetenové hlavy patří do vybavení všech velkých CNC frézovacích strojů a CNC obráběcích center. Jejich pomocí se rozšiřují technologické možnosti stroje pro obrábění všech ploch – vodorovných, svislých i šikmých. Jedná se o poslední část kinematického řetězce na výstupní straně a jejich náhon je realizován přes hřídel a převodovou skříň umístěnou ve vřeteníku stroje. Jestliže mají hlavy souvisle řízené rotační osy, zvětšují se tím kinematické možnosti celého stroje. Výkonové parametry zařízení lze vylepšit elektrovřeteny, které mohou být součástí hlavy. Vřetenové hlavy s elektrovřeteny se používají pro rychlostní obrábění. Výměna vřetenových hlav umožňuje zvolit optimální typ vřetenové hlavy pro danou operaci s možností využití výkonnějších řezných podmínek [6, 7].



Obr. 2 Výměnná vřetenová hlava.

2.1.1 Výměna vřetenových hlav

Jedná se o automatickou výměnu, která nezahrnuje manipulaci s nástrojem. Vřetenové hlavy jsou umístěny na polohovacích čepích ve vozících (obr. 3) a výměna je realizovaná v automatickém cyklu. Na začátku procesu najede vozík s vřetenovými hlavami pod vřeteník. Vertikálním posuvem v ose Z stroj odloží nepotřebnou vřetenovou hlavu do vozíku a pomocí hydraulických upínacích válců se přitáhne jiná, vhodná vřetenová hlava. Do požadované polohy je ustavena čelním ozubením věnce, které se nachází na čele vřeteníku. Současně jsou rychlospojky připojena tlaková média a pomocí konektorů elektrické silové obvody a signály [8].



Obr. 3 Vozíky pro manipulaci s vřetenovými hlavami.

2.1.2 Výhody obráběcích strojů s automatickou výměnou vřetenových hlav

Mezi hlavní přednosti automaticky výměnných vřetenových hlav patří [9, 10]:

- co nejlepší přizpůsobení zadaným technologickým požadavkům,
- zvolení optimálního typu vřetenové hlavy pro danou operaci,
- rozšíření pracovního prostoru obráběcího stroje,
- obrábění v pěti souvisle řízených osách (2 rotační a 3 lineární) při frézování složitých tvarů, např. formy, zápustky nebo obrobky velkých rozměrů,
- obrábění ploch a děr pod určitým sklonem u skříňovitých součástí,
- použití elektrovřetene pro dokončovací operace s vysokou produktivitou,
- snížení počtu přepínání obrobku.

2.1.3 Nevýhody výměnných vřetenových hlav

Kromě mnoha výhod mají výměnné vřetenové hlavy i nevýhody:

- velká hmotnost (minimálně 200 kg) při manipulaci,
- vysoká složitost montáže.

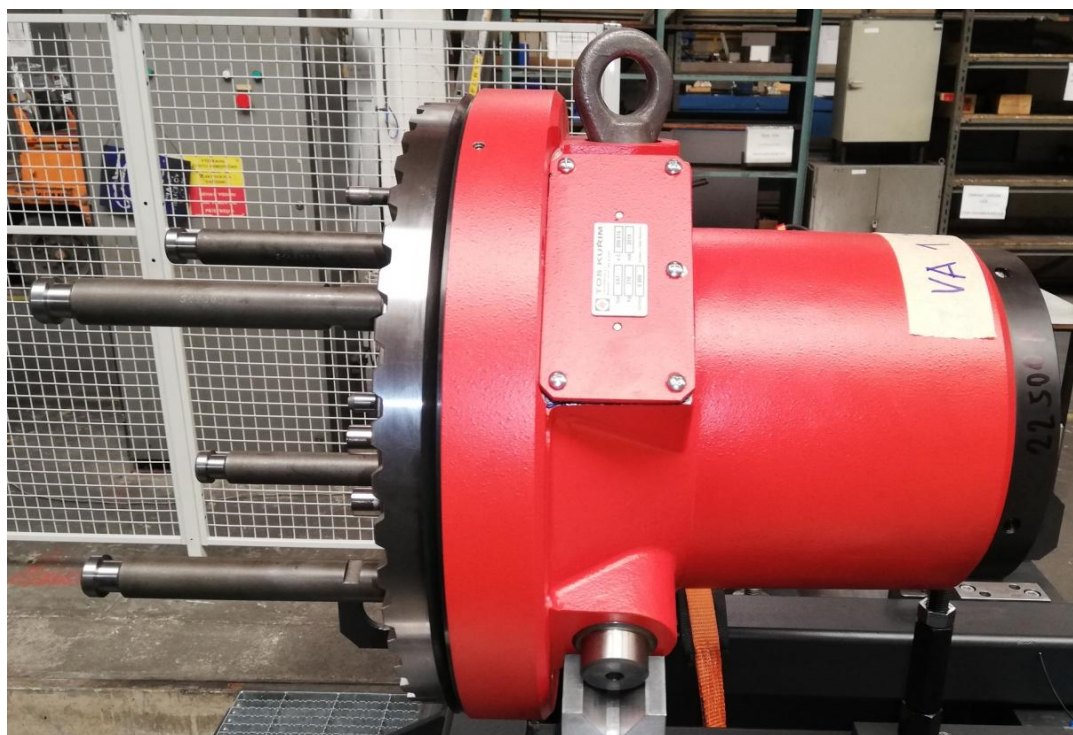
2.1.4 Automaticky výměnné vřetenové hlavy společnosti TOS KUŘIM – OS, a.s.

- Přímá vřetenová hlava VA:

Vřetenová hlava VA je vyráběna ve dvou základních provedeních, a to s označením VA1 (kratší varianta) a VA2 (delší varianta). Dále se hlavy dělí do tří kategorií (A, B a C) podle hodnot krouticího momentu a maximálních otáček. Kromě těchto základních provedení se mohou vyrábět na požadavky zákazníka i další varianty. Oba typy mají stejné uspořádání vřetene – souosé s osou vřeteníku. Poháněny jsou unašečem přímo z hnacího hřídele ve vřeteníku a to pomocí zubové spojky, která je namontována v těle hlavy. Typ VA2 má oproti hlavě VA1 (obr. 4) větší vyložení čela vřetene. Upínací kužel vřetene je u této hlavy ISO 50 (příloha 1). Přímá hlava VA se nejvíce využívá ke hrubování a její výhodou je vysoká tuhost. Technické parametry vřetenových hlav VA1/VA2 se nacházejí v tab. 1. Na pořízené fotografii je vřetenová hlava po celkové montáži a připravena k použití [11, 12].

Tab. 1 Technické parametry vřetenových hlav VA1/VA2 [12].

Typ	VA1-A	VA2-A	VA1-B	VA2-B	VA1-C	VA2-C
P [kW]	30/37/45		60		71	
M _k [Nm]	2 000	1 000	3 300	1 600	7 000	3 300
n [min ⁻¹]	20–6 000		20–4 000		20–2 500	



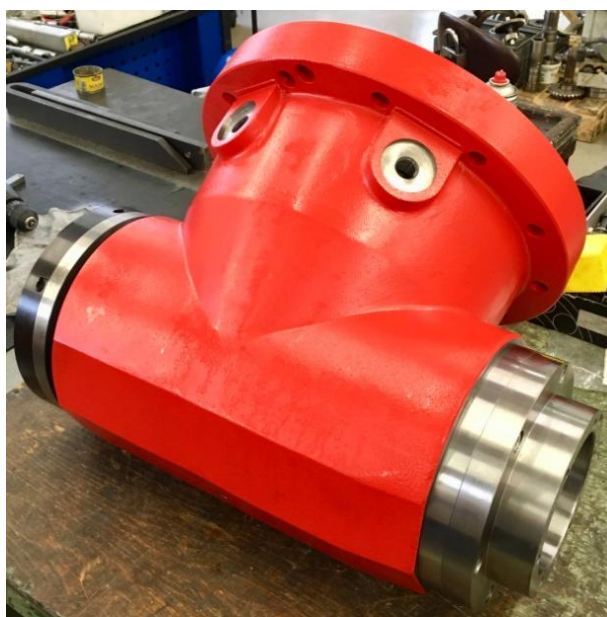
Obr. 4 Přímá vřetenová hlava VA1.

- Úhlová vřetenová hlava VP:

Také vřetenová hlava s označením VP (obr. 5) se vyrábí ve dvou základních variantách. První možností je VP1 (kratší provedení) a druhou VP2 (delší provedení). Opět jsou zde typy A, B a C podle hodnot krouticího momentu a maximálních otáček. Kromě těchto základních provedení se mohou vyrábět na požadavky zákazníka i další varianty. Oba typy mají stejné uspořádání vřetene – kolmé k ose vřeteníku. Vřeteno je poháněno unašečem ve vřeteníku přes vložený hřídel a jeden pár kuželových kol uložených přímo v tělese hlavy. Jednovřetenová hlava je plynule otočná kolem osy vřeteníku v rozmezí $\pm 180^\circ$ s mechanickým posunem o 1° . Upínací kužel vřetene je u této hlavy ISO 50. Úhlová hlava VP se používá pro frézování pod 90° a při hrubování. Její výhodou je vysoká tuhost. Technické parametry vřetenové hlavy VP jsou v tab. 2. Na pořízené fotografii se vřetenová hlava nachází na zámečnické dílně ve stádiu montáže [11, 12].

Tab. 2 Technické parametry vřetenových hlav VP1/VP2 [12].

Typ	VP1-A	VP2-A	VP1-B	VP2-B	VP1-C	VP2-C
P [kW]	30/37/45		60		71	
M_k [Nm]	2 000	1 000	3 300	1 600	7 000	3 300
n [min^{-1}]	20–6 000		20–4 000		20–2 500	



Obr. 5 Úhlová vřetenová hlava VP.

- Vidlicová vřetenová hlava VK:

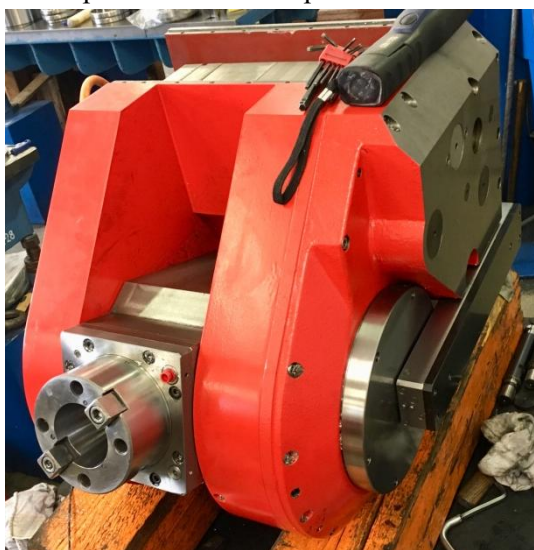
Jednovřetenová hlava s elektrickým vřetenem (obr. 6), která je plynule otočná ve dvou rotačních osách. Rotace kolem osy A je v rozmezí $+120^\circ$ až -90° , v ose vřeteníku je hlava otočná v rozsahu $\pm 180^\circ$ s mechanickým posunem o 1° . Pohyb v rotační ose A je zajištěn servomotorem přes převod tvořený ozubenými koly s mechanickým vymezením vůle a s možností zapnutí hydraulicko-mechanického tlumení. Vidlicová vřetenová hlava VK se uplatní například při obrábění lopatek či turbín. Technické parametry vřetenové

hlavy VK jsou v tab. 3. Na pořízené fotografii se vřetenová hlava nachází na zámečnické dílně ve stavu montáže [11, 12].

Tab. 3 Technické parametry vřetenové hlavy VK [12].

P [kW]	30	60	71
M_k [Nm]	1 000	1 600	3 300
n [min^{-1}]	20–4 000 (6 000)*	20–4 000	20–2 500

* Hlava je konstrukčně navržena i pro obrábění při $n = 6\,000\text{ min}^{-1}$, ale v omezeném režimu, kdy se nesmí obrábět těmito otáčkami nepřetržitě z důvodů přehřívání vřetenové hlavy.



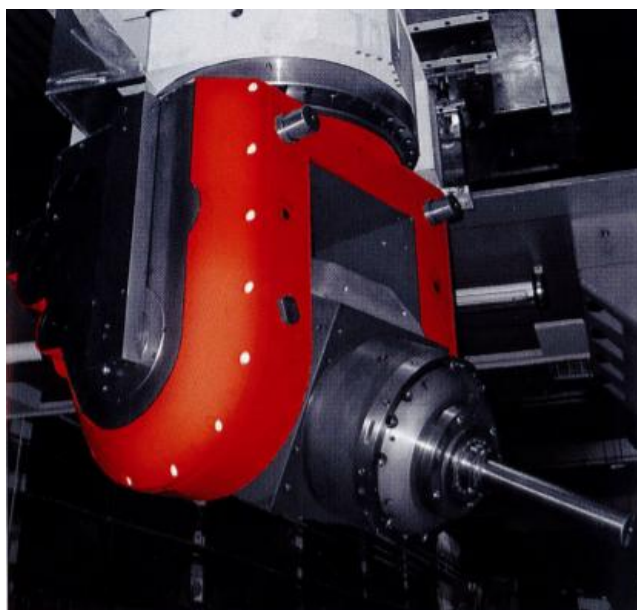
Obr. 6 Vidlicová vřetenová hlava VK.

- Vidlicová vřetenová hlava s elektrovřetenem VKE

Dá se konstatovat, že se jedná o stejnou hlavu jako je VK, tato má pouze menší vřeteno a větší vřetenovou část hlavy, protože je v něm zakomponován motor. Hodnoty pro otáčení v osách A a C jsou totožné jako u vidlicové vřetenové hlavy VK, interval pro osu A je tedy $+120^\circ$ až -90° a v ose B je hlava otočná v rozmezí $\pm 180^\circ$. Stabilizace polohy v ose A je zajištěna pomocí hydraulicky řízené třecí brzdy. Pohyb v rotační ose je zajištěn servomotorem přes převod tvořený ozubenými koly s mechanickým vymezením vůle a s možností zapnutí hydraulicko-mechanického tlumení v ose A. Vřeteno se skládá z rotoru a obsahuje kužel HSK-A (příloha 2). Do vřetene je dle DIN 69063-1 osově přiváděna procesní kapalina. Vidlicová hlava VKE je vhodná pro vysokorychlostní obrábění (HSC), a proto mohou maximální otáčky dosahovat až $16\,000\text{ min}^{-1}$. Technické parametry vřetenové hlavy VKE jsou v tab. 4. Na pracovišti se nenacházela žádná vřetenová hlava tohoto typu, proto je použita fotografie z firemního katalogu (obr. 7) [11, 12].

Tab. 4 Technické parametry vřetenové hlavy VKE [12].

P [kW]	M_k [Nm]	n [min^{-1}]
25	87	110–16 000



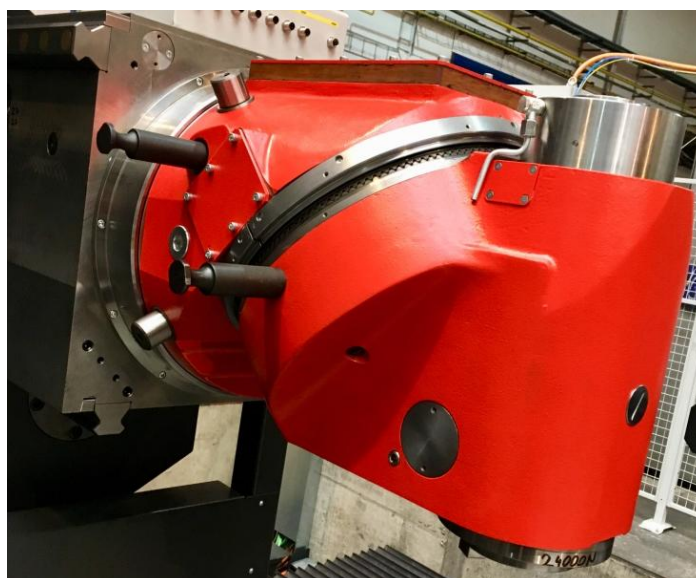
Obr. 7 Vidlicová vřetenová hlava s elektrovřetenem VKE [12].

- Univerzální vřetenová hlava VO

Hlava VO je jednovřetenová, ale její vřeteno je automaticky přestavitelné buď do horizontální, nebo vertikální polohy. Hodnota úhlu rotace kolem osy B je 180° . Polohování se odvíjí od regulačního servopohonu vřetene, ve vodorovné i svislé poloze je vřetenová část hlavy zpevněna do ozubených věnců. Hlava VO (obr. 8) je mechanicky polohovatelná po $2,5^\circ$ a největší uplatnění má při dokončování a při frézování kolmých ploch. Technické parametry vřetenové hlavy VO jsou v tab. 5 [11, 12].

Tab. 5 Technické parametry vřetenové hlavy VO [12].

P [kW]	30	60
M_k [Nm]	1 250	2 000
n [min^{-1}]	20–4 000	20–2 500



Obr. 8 Univerzální vřetenové hlavy VO.

2.2 Materiál

Odlitek tělesa vřetenové hlavy VA1 je vyroben z litiny s lupínkovým grafitem (LLG), dříve nazývaná šedá litina (příloha 3). Ta obsahuje grafit ve formě prostorových útvarů, které mají na výbrusu tvar lupínků a na svých koncích jsou ostré. LLG je více druhů, tato konkrétní má označení dle evropské a české státní normy EN-GJL-250, respektive ČSN 42 2425. Požaduje se u ní záruka mechanických vlastností (pevnost v tahu a tvrdost), jejichž shrnutí je v tab. 6. Přesnost odlitku je dle ČSN 014470.4. Litina s lupínkovým grafitem je dobře obrobitelná a pomalu koroduje, nejčastěji se používá v automobilovém a strojařském průmyslu, zejména na převodové skříně, motorové bloky, soustruhy či frézky. Obsahuje 2,5 až 3,5 % uhlíku, její obvyklé chemické složení se nachází v tab. 7 [13, 14, 15].

Tab. 6 Mechanické vlastnosti LLG [15].

Norma	Matrice	R_m [MPa]	$R_{p0,2}$ [MPa]	Max. tvrdost [HB]	A [%]
ČSN 42 2425	Perlitická	250–350	165–228	240	0,3–0,8

Tab. 7 Nejčastější chemické složení [15].

C [%]	Si [%]	Mn [%]	P_{max} [%]	S_{max} [%]
3,1–3,3	1,7–1,9	0,8–1,0	0,5	0,15

3 ROZBOR VÝROBNÍHO PROCESU

3.1 Zhodnocení kót

Výkresová dokumentace poskytnutá firmou TOS KUŘIM – OS, a.s. nesmí být zveřejněna, a proto je podle původního výkresu nakreslena jednoduchá skica v softwaru Autodesk AutoCAD 2018 (příloha 4). Zjednodušená skica neobsahuje všechny pohledy ani kóty. Pro zhodnocení bylo vybráno několik kót obsahujících rozměrové a geometrické tolerance nebo polohy děr. V příloze 5 je uvedena soustava tolerancí a uložení. V příloze 6 se pak nacházejí všeobecné tolerance, které nejsou předepsány na výkrese.

Toleranční třída pro díru $\varnothing 410$ mm byla zvolena H7 (příloha 5). Mezní úchytky pro tuto třídu a tento rozměr jsou $+0,063$ mm a 0 mm, což odpovídá uložení s vůlí. Do díry je během montáže instalována deska s ozubeným věncem, pomocí kterého se ustavuje vřetenová hlava. U kóty $\varnothing 410H7$ se nachází základna A, a také geometrická tolerance obvodového házení s hodnotou $0,01$ mm vztažena k základně C (kóta $\varnothing 184Js6$). Hodnota geometrické tolerance je zvolena dle ČSN 01 4405 tabulky „Tolerance obvodového házení“ správně.

Díra $\varnothing 184$ mm se nachází v tolerančním poli třídy Js6 (příloha 5), tedy uložení přechodné. Mezní úchytky činí $\pm 0,0145$ mm. Na výkrese je u této kóty dodatek – lícovat s pouzdrum s maximální vůlí $0,014$ mm – což souhlasí s mezní úchytkou. Ke kótě je přiřazena základna C a geometrická tolerance válcovitosti s hodnotou $0,005$ mm vztažena na délku 200 mm. Dle ČSN 01 4405 je z tabulky „Tolerance tvaru válcových ploch v závislosti na stupni přesnosti tolerance rozměru“ zvolena zvýšená relativní přesnost – označení B.

Tři díry pro čepy $\varnothing 50$ mm mají toleranční třídu H6, které odpovídají mezní úchytky $+0,016$ mm a 0 mm. Geometrická tolerance rovnoběžnosti u této kóty má hodnotu $0,01$ mm a je vztažena k základně B. Dle ČSN 01 4405 je tolerance zvolena správně.

Na výkrese se nachází šest neprůchozích děr pro vnitřní závit M10-6H, pět neprůchozích děr pro vnitřní závit M5-6H a jedna neprůchozí díra pro vnitřní závit M12-6H. Toleranční třída pro střední a malý průměr 6H je přednostní a patří do doporučené toleranční třídy pro vnitřní závity, která je určena pro výrobu běžných šroubů a matic (příloha 7). Dále je zde dvanáctkrát válcové zahloubení pro šrouby s válcovou hlavou. Velký $\varnothing 20$ mm a malý $\varnothing 13$ mm odpovídají díře pro šroub M12 dle ČSN 02 1024. Geometrická tolerance polohy umístění všech děr v tomto odstavci je $0,1$ mm.

Okno 55×120 je uzavřeno krytem pomocí pěti již zmíněných šroubů M5. Poloha děr pro šrouby je funkčně zakótována, jejich rozteč musí mít z důvodu montážní zaměnitelnosti mezní úchytky $\pm 0,1$ mm [16, 17, 18].

3.2 Technologický postup

Původní technologický postup poskytnutý firmou TOS KUŘIM – OS, a.s. je vytvořen velmi stručně a heslovitě, protože se jedná o kusovou výrobu. Z toho důvodu se nachází v tab. 8 přepsaný a doplněný technologický postup, který zachovává zvyklosti firmy. Ve druhém sloupci, nazvaném pracoviště, jsou napsány stroje, na kterých se součást postupně obrábí. Tyto stroje jsou dále popsány podrobněji. Popis práce definuje jednotlivé úkony, které pracovníci vykonávají. Ve sloupci nástroj je zapsané pouze číslo a seznam nástrojů je podrobně uveden v tab. 13, která se nachází v kapitole 3.4. Poslední dva sloupce obsahují přípravný a pracovní čas.

FSI VUT	DIPLOMOVÁ PRÁCE	List 20
---------	-----------------	---------

Tab. 8 Technologický postup.

VUT v Brně, FSI, ÚST			Datum: 17. 2. 2019		
TECHNOLOGICKÝ POSTUP					
Název součásti: VŘETENOVÁ HLAVA VA1					
Číslo výkresu: O70-100071-TP		Materiál: ČSN 42 2425		Hmotnost [kg]: 150	
Číslo op.:	Pracoviště: Třídící číslo:	Popis práce:	Nástroj:	Čas přípravy [min]:	Čas práce [min]:
01/13	Tepelné zpracování	Žíhat ke snížení vnitřního pnutí			
02/13		Opískovat			
03/13		Základovat			
04/13	Rýsozna 09412.0	Orýsovat celý odlitek Přepsat identifikační číslo odlitku do průvodky pro příkaz		24	73
05/13	Karusel NILES EK 3 04223.0	POLOHA 1 – Upnout za střed a mezi čelisti za Ø 250 Soustružit horní plochu (nárys) 1 mm od rysky Soustružit Ø 428 ^{-0,5} hotově v délce 51 Soustružit Ø 410H7 na Ø 408 včetně čela do hloubky 23 Soustružit Ø 226±0,5 hotově včetně čela v délce 108 (kóta 323–215) Soustružit Ø 184Js6 na Ø 182 v délce 215 POLOHA 2 – Upnout za střed a mezi čelisti za Ø 428 ^{-0,5} Soustružit spodní plochu (nárys) kóta 323±0,5 na 324,3 Srazit hranu 9x45° na Ø 232 Zregulovat pomocnou plochu kóta 51±0,3 na 52 Srazit hranu 5x45° na Ø 428 ^{-0,5}	1 1, 2 1, 2 1 1 3 1 3	37	178
06/13	Stolová vyvrtávačka TOS Varnsdorf W9	Upnout na otočný stůl za Ø 428 ^{-0,5} a vyrovnat dle rýsování Frézovat plochu okna na kótu 172±0,5 a kótu 46±0,3 na 47	4	22	113

	04821.0	hotově, (A-A) Frézovat okno 55x120/R10 hotově, kóta 51±0,3 na 52	5		
07/13	CNC vertikální frézka TOS KURIM FFQ 100 – OR/A14 45264.0	POLOHA 1 – upnout do svěráku za Ø 250 Frézovat 12x Ø 13/Ø 20 na Ø 13±0,2 (P), srazit s ohledem na přídavek Frézovat Ø 20/Ø 12H6 na Ø 10,8 (C-C) Frézovat 6x M12 – 6H včetně závitů do hloubky 25 (P), srazit s ohledem na přídavek Frézovat 2 díry pro kuželový kolík Ø 10±0,2 na Ø 6 Zafrézovat na kótu 167±0,5 (A-A), v šířce 120 napojit na opracování plochy POLOHA 2 – upnout do svěráku za Ø 428 ^{-0,5} Frézovat 6x M10 – 6H včetně závitů do hloubky 22 (R), srazit s ohledem na přídavek	6 7 8, 9, 10 11 5 12, 13, 10	38	117
08/13	Otočná vrtačka KOVOSVIT VR 6A 04654.0	Vrtat 12x zahloubení Ø 20±0,2 do hloubky 13 včetně sražení hran 1x45° Vrtat zahloubení Ø 20±0,2 do hloubky 10 včetně sražení hran 0,6x45° Vyhrubovat a vystružit Ø 12H6 v délce 14 (C-C)	14 15 16, 17	10	12,2
09/13	Souřadnicová vyvrtávačka KOVOSVIT MAS WKM 100 04717.0	POLOHA 1 – upnout na otočný stůl, vyrovnat dle plochy okna Přeplánování spodní plochy při kótě 51 (nárys) – pomocná plocha Plánování spodní plochy kóta 215 ^{+0,1} na 216 rovnoběžně s pomocnou plochou POLOHA 2 – upnout na otočný stůl za Ø 250 Frézovat horní plochu – kóta 323 Frézovat Ø 184Js6 hotově včetně čela na kótu 215 ^{+0,1} a náběhu 3x15° (A-A)	4 18, 19	122	713

		Frézovat Ø 410H7 včetně čela v hloubce 23 hotově – kóta 85 ^{+0,1} (A-A), srazit hranu 1x45° a zápch šířky 3 Frézovat 3x náletek na kótu 184 ^{+0,2} Frézovat 5x M5 – 6H včetně závitu do hloubky 10 (A-A) Frézovat 3x M20 – 6H včetně závitu do hloubky 26 (B-B) Frézovat 3x Ø 50H6 včetně čela do hloubky 5 (B-B) Frézovat Ø 10H7 do hloubky 10 hotově	20, 19, 21 4 22, 23 24, 25, 26 27 28, 29, 30		
10/13	Zámečnick 09421.0	Celková úprava Vyrazit číslo výkresu – typ S včetně identifikačního čísla z operace 04/13		8	37
11/13	Montáž 09521.6	Nalícovat pouzdro			240
12/13	Souřadnicová vyvrtávačka KOVOSVIT MAS WKM 100 04717.0	Přefrézovat čelo do roviny	19	35	130
13/13	Montáž 09521.6	Celková montáž (tab. 44)			3835

Po výrobě odlitku (obr. 9) ve společnosti Slévárna Kuřim, a.s. je těleso vřetenové hlavy žiháno ke snížení vnitřního pnutí – operace 01/13. Jedná se o tepelné zpracování bez rekrytalizace, tedy ohřátí pod teplotu A_{C1} . Žihání má za úkol snížit vnitřní pnutí na minimum po ztuhnutí odlitku ve formě. Probíhá při teplotě v rozmezí 500 až 630 °C. Ohřev na teplotu výdrže, která může být až 8 hodin, a i ochlazování z ní musí být pomalé, aby v důsledku tepelného spádu nevznikala v materiálu další pnutí. Ochlazování probíhá v peci do 150 až 250 °C a poté se odlitek nechá dochlazit na vzduchu [13, 14, 15].



Obr. 9 Odlitky dodané společností Slévárna Kuřim, a.s.

Během operace 02/13 probíhá tryskání odlitku, kdy je silným proudem vzduchu vrháno abrazivo proti povrchu, ze kterého je potřeba odstranit okuje a nečistoty. Poté se celý odlitek natře základní barvou proti korozi – operace 03/13. Na rýsovně si pracovník nejprve přetře okno součásti a vrchní a spodní část odlitku bílou barvou (roztok křídý ve vodě), aby mohl následně nakreslit obrysy součásti, podle nichž se bude obrábět. Pro orýsování využívá pomůcky, jako například rýsovačskou desku nebo ocelovou jehlu s kaleným hrotem. Odlitek vřetenové hlavy v tomto stavu, před následným soustružením, se nachází na obr. 10.



Obr. 10 Odlitek před soustružením.

V dalších krocích se součást vyrábí technologií třískového obrábění, postupně probíhá soustružení, vyvrtávání, frézování, vrtání a znovu vyvrtávání. Poté zámečník provede celkovou úpravu součásti a vyrazí na ni číslo výkresu včetně identifikačního čísla z operace. Při následné montáži je nalicováno pouzdro dovnitř opracovaného odlitku a následně dojde k přefrézování čela do roviny.

3.3 Použité stroje

K výrobě výměnné vřetenové hlavy jsou použity jak CNC, tak konvenční stroje. Konkrétní stroje jsou následující:

- Karusel NILES EK 3
- Stolová vyvrtávačka TOS VARNSDORF W9
- CNC vertikální frézka TOS KURIM FFQ 100 – OR/A14
- Otočná vrtačka KOVOSVIT VR 6A
- Souřadnicová vyvrtávačka KOVOSVIT MAS WKM 100

3.3.1 NILES EK3

Jedná se o vertikální soustruh, neboli karusel, z období mezi první a druhou světovou válkou. To je jeden z důvodů, proč o tomto stroji nelze dohledat více informací a jeho technické parametry. Na fotografiích níže je zdokumentován jak samotný karusel přímo při

soustružení odlitku (obr. 11), tak opracovaná součást po operaci 05/13 – soustružení (obr. 12). Během této operace je nejprve odlitek upnut za střed a čelistmi za vnější Ø 250 mm, ve druhé poloze je součást otočena vzhůru nohama, upevněna za střed a mezi čelisti za vnější Ø 428^{-0,5} mm.



Obr. 11 Karusel NILES EK3.



Obr. 12 Součást po operaci soustružení.

3.3.2 TOS VARNSDORF W9

Stolová vyvrtávačka TOS VARNSDORF W9 byla vyrobena v roce 1967 a její další technické parametry jsou vyneseny do tab. 9. Na obr. 13 je stolová vyvrtávačka zachycena při obrábění odlitku jiného typu vřetenové hlavy, než VA1. Před samotným frézováním je součást upnuta na otočný stůl za vnější Ø 428^{-0,5} mm [19].



Obr. 13 Stolová vyvrtávačka TOS Varnsdorf W9.

Tab. 9 Technické parametry vyvrtávačky W9 [19].

Upínací plocha stolu	mm	1 000 x 1 120
Maximální zatížení stolu	kg.m ⁻¹	2 500
Průměr vřetene	mm	90
Otáčky vřetene	min ⁻¹	14–400
Rozsah os X / Y	mm	1 000 / 950
Výkon hlavního pohonu	kW	7,5
Délka x šířka x výška stroje	mm	3 900 x 2 500 x 2 650
Hmotnost stroje	kg	9 000
Rok výroby	-	1967

3.3.3 TOS KURIM FFQ 100 – OR/A14

Pro operaci 07/13 – frézování se používá CNC vertikální frézka TOS KURIM FFQ 100 – OR/A14, která byla vyrobena v roce 1999. Řídicí systém u tohoto CNC stroje může být buď Siemens Sinumerik 840D nebo Heidenhain TNC 430 M. Další technické parametry jsou uvedeny v tab. 10. Vertikální frézka s výměnnou vřetenovou hlavou VK je vyfocena během obrábění odlitku pro další hlavu VK (obr. 14). V průběhu frézování na tomto stroji se vymění dvě polohy uchycení odlitku. V poloze 1 je nejprve součást upnuta do svěráku za Ø 250 mm, načež po přendání do polohy 2 se upne do svěráku za Ø 428^{-0,5} mm [20].



Obr. 14 CNC vertikální frézka TOS KURIM FFQ 100 – OR/A14.

Tab. 10 Technické parametry frézky FFQ 100 [20].

Řídicí systém	-	Siemens S 840D, Heidenhain TNC 430 M
Upínací plocha stolu	mm	14 000 x 1 000
Maximální zatížení stolu	kg.m ⁻¹	2 500
Rozsah os X / Y / Z	mm	12 000 / 1 000 / 1 400
Rychloposuv v ose X	mm.min ⁻¹	15 000
Rychloposuv v ose Y a Z	mm.min ⁻¹	10 000
Max. otáčky vřetene	min ⁻¹	4 000
Max. krouticí moment vřetene	Nm	1 200
Výkon hlavního pohonu	kW	22
Délka x šířka x výška stroje	mm	17 560 x 5 640 x 4 350
Hmotnost stroje	kg	34 000
Rok výroby	-	1999

3.3.4 KOVOSVIT VR 6A

Operaci 08/13 – vrtání se realizuje na otočné vrtačce KOVOSVIT VR 6A, která byla vyrobena v roce 1982 a její další parametry jsou v tab. 11. Na tomto stroji probíhá práce pouze 12 minut a před vrtáním je odlitek upnut za $\varnothing 428^{+0,5}$ mm. Otočná vrtačka VR 6A je na obr. 15 [21].



Obr. 15 Otočná vrtačka KOVOSVIT VR 6A.

Tab. 11 Technické parametry vrtačky VR 6A [21].

Upínací plocha stolu	mm	2 290 x 1 080
Maximální zatížení stolu	kg.m ⁻¹	2 000
Otáčení ramene okolo sloupu	°	0–360
Průměr hlavy vřetene	mm	80
Zdvih vřetene	mm	380
Výkon hlavního pohonu	kW	5,5
Délka x šířka x výška stroje	mm	3 240 x 1 300 x 3 900
Hmotnost stroje	kg	5 800
Rok výroby	-	1982

3.3.5 KOVOSVIT MAS WKV 100

Souřadnicová vyvrtávačka KOVOSVIT MAS WKV 100 byla vyrobena v roce 1990 a její další technické parametry se nacházejí v tab. 12. Tento stroj je k dispozici pro dvě operace v technologickém postupu. První je operace 09/13 – vyvrtávání, při které je součást upnuta na otočném stole za Ø 250 mm. V operaci 12/13 – se musí přefrézovat čelo vřetenové hlavy do roviny po předchozím nalícování pouzdra dovnitř součásti. Toto je poslední úkon před celkovou montáží. Souřadnicová vyvrtávačka WKV 100 je na obr. 16 [22].



Obr. 16 Souřadnicová vyvrtávačka KOVOSVIT MAS WKV 100.

Tab. 12 Technické parametry vyvrtávačky WKV 100 [22].

Upínací plocha stolu	mm	1 600 x 1 000
Maximální zatížení stolu	kg.m ⁻¹	2 000
Rozsah os X / Y	mm	1 000 / 1 400
Výkon hlavního pohonu	kW	4
Délka x šířka x výška stroje	mm	4 320 x 3 120 x 3 313
Hmotnost stroje	kg	16 000
Rok výroby	-	1990

3.4 Použité nástroje

V této kapitole se nachází tab. 13, ve které jsou doplněny veškeré nástroje použité pro obrábění odlitku vřetenové hlavy. Následně jsou nástroje popsány podrobněji podle čísla obráběcí operace a jednotlivých úkonů v dané operaci.

Tab. 13 Seznam nástrojů.

Číslo	Nástroj	Číslo	Nástroj
1	Soustružnický nůž vnější: DORMER PRAMET – PCLNR 3232 P19 VBD: DORMER PRAMET – CNMM 190616 E-DR	16	Výhrubník s kuželovou stopkou: STIMZET – HSS, ČSN 22 1411, Ø 11,75 mm
2	Soustružnický nůž vnější: DORMER PRAMET – PTGNR 2525 M16 VBD: DORMER PRAMET – TNMG 160408 E-KR	17	Výstružník strojní s kuželovou stopkou: STIMZET – HSS, ČSN 22 1431, 12H6
3	Soustružnický nůž ubírací ohnutý pravý: ČSN 22 3712 32x32 H10	18	Nástroj na přesné vyvrtávání: WALTER – B3230.N8.150-220.Z1. CC06 VBD: WALTER – CCGT 060204-X15 WAK15
4	Rovinná fréza: DORMER PRAMET – 125B08R-W45SE123F VBD: DORMER PRAMET – SEEN 1203AFSN	19	Rohová fréza: WALTER – Fréza F4041.B16.040.Z03.13 VBD: WALTER – LNGX130708R-L55 WAK15
5	Stopková fréza: DORMER PRAMET – 20A2R029A20-SAD11E-C VBD: DORMER PRAMET – ADMX 11T308SR-M	20	Nástroj na přesné vyvrtávání: WALTER – B3230.N8.360-430.Z1. CC06 VBD: WALTER – CCGT 060204-X15 WAK15
6	Vrták s kuželovou stopkou: STIMZET – HSS, ČSN 22 1140, Ø 13mm	21	Dělicí a kotoučová fréza: WALTER – BN32.125.Z11.3,0R VBD: WALTER – SX-3E300N02-CE4 WKP23S

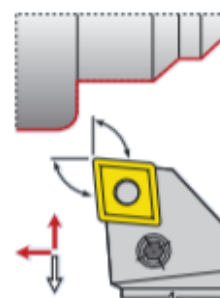
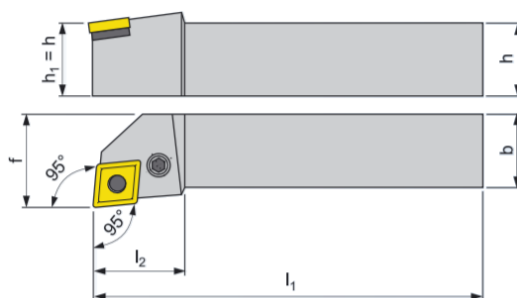
7	Vrták s kuželovou stopkou: STIMZET – HSS, ČSN 22 1140, Ø 10,8 mm	22	Vrták s válcovou stopkou: HSS, ČSN 22 1121, Ø 4,2 mm
8	Vrták s válcovou stopkou: HSS, ČSN 22 1121, Ø 10,2 mm	23	Závitník strojní: NAREX – HSSE, ČSN 22 3044, M5 /2050/
9	Závitník strojní: NAREX – HSSE, ČSN 22 3044, M12 /4050/	24	Vrták s kuželovou stopkou: HSS, ČSN 22 1140, Ø 17,5 mm
10	Záhlučník kuželový s kuželovou stopkou: STIMZET – HSS, ČSN 22 1628, 90x25 mm	25	Záhlučník kuželový s kuželovou stopkou: STIMZET – HSS, ČSN 22 1628, 90x40 mm
11	Vrták s válcovou stopkou: HSS, ČSN 22 1121, Ø 6 mm	26	Závitník strojní: NAREX – HSSE, ČSN 22 3044, M20 /4050/
12	Vrták s válcovou stopkou: HSS, ČSN 22 1121, Ø 8,5 mm	27	Fréza tvrdokovová čtyřbřitá: MASTER – 311-240-1-20x38 /81980/
13	Závitník strojní: NAREX – HSSE, ČSN 22 3044, M10 /4050/	28	Vrták s válcovou stopkou: HSS, ČSN 22 1121, Ø 9,5 mm
14	Záhlučník s kuželovou stopkou a výměnnými vodícími čepy: STIMZET – HSS, ČSN 22 1606, Ø 20 mm	29	Výhrubník s kuželovou stopkou: STIMZET – HSS, ČSN 22 1411, Ø 9,8 mm
15	Fréza drážkovací: HSS, ZPS FN, F220418, 20x22 mm	30	Výstružník strojní s kuželovou stopkou: STIMZET – HSS, ČSN 22 1431, 10H7

• Operace 05/13 – soustružení

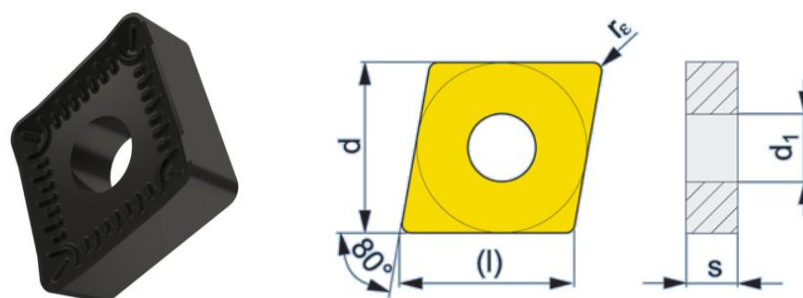
Při soustružení součásti na karuselu NILES jsou postupně použity 3 nástroje. Nástroj 1 je soustružnický nůž vnější s VBD. Nůž i VBD patří mezi výrobky firmy Dormer Pramet s.r.o. a jejich základní parametry jsou uvedeny v tab. 14.

- označení nože: DORMER PRAMET – PCLNR 3232 P19 (obr. 17)
- označení VBD: DORMER PRAMET – CNMM 190616 E-DR (obr. 18)

Tímto nástrojem se v poloze 1 soustruží horní plocha s jakostí povrchu $R_a = 6,3 \mu\text{m}$, a dále pak $\varnothing 428^{+0,5}_{-0}$ mm hotově ($R_a = 6,3 \mu\text{m}$), $\varnothing 410\text{H7}$ ($R_a = 6,3 \mu\text{m}$), $\varnothing 226$ mm hotově ($R_a = 6,3 \mu\text{m}$) a $\varnothing 184\text{Js6}$ ($R_a = 6,3 \mu\text{m}$). V poloze 2 je nástroj využit pro obrobení spodní plochy ($R_a = 6,3 \mu\text{m}$) a pomocné kolmé plochy ($R_a = 6,3 \mu\text{m}$). Hodnota $R_a = 6,3 \mu\text{m}$ znamená u soustružení hrubování.



Obr. 17 Soustružnický nůž PCLNR 3232 P19 [23].



Obr. 18 VBD CNMM 190616 E-DR [24].

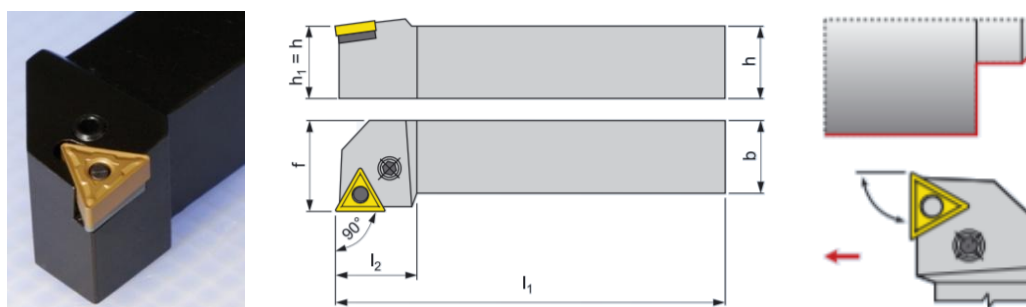
Tab. 14 Základní parametry soustružnického nože a VBD [23, 24].

Soustružnický nůž PCLNR 3232 P19				
Výška nože $h = h_1$ [mm]	Šířka nože b [mm]	Funkční šířka f [mm]	Funkční délka l_1 [mm]	Max. vyložení l_2 [mm]
32	32	40	170	45
VBD CNMM 190616 E-DR				
Průměr destičky d [mm]	Průměr díry d_1 [mm]	Délka řezné hrany l [mm]	Tloušťka destičky s [mm]	Poloměr špičky r_e [mm]
19,05	7,94	19,3	6,35	1,6

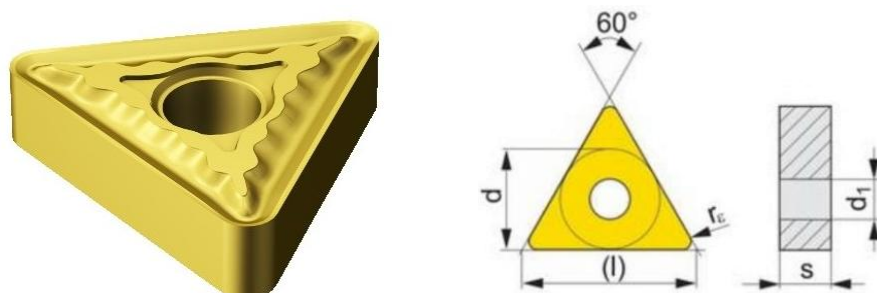
Nástroj 2 je také soustružnický nůž vnější s VBD. Opět se jedná o výrobky firmy Dormer Pramet s.r.o. a jejich základní parametry jsou v tab. 15.

- označení nože: DORMER PRAMET – PTGNR 2525 M16 (obr. 19)
- označení VBD: DORMER PRAMET – TNMG 160408 E-KR (obr. 20)

Tento nástroj se používá pro soustružení čel $\varnothing 410H7$ ($R_a = 1,6 \mu\text{m}$) a $\varnothing 226 \text{ mm}$ ($R_a = 3,2 \mu\text{m}$) v poloze 1.



Obr. 19 Soustružnický nůž PTGNR 2525 M16 [23].



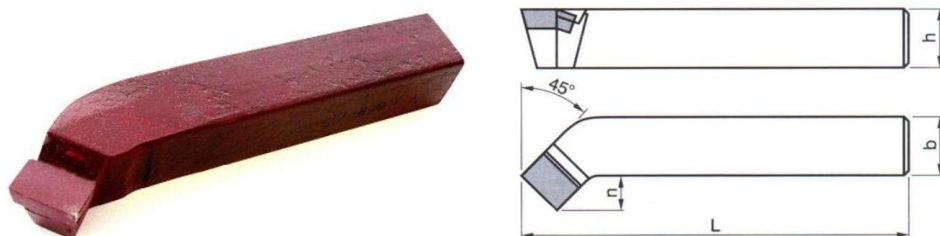
Obr. 20 VBD TNMG 160408 E-KR [24].

Tab. 15 Základní parametry soustružnického nože a VBD [23, 24].

Soustružnický nůž PTGNR 2525 M16				
Výška nože $h = h_1$ [mm]	Šířka nože b [mm]	Funkční šířka f [mm]	Funkční délka l_1 [mm]	Max. vyložení l_2 [mm]
25	25	32	150	32
VBD TNMG 160408 E-KR				
Průměr destičky d [mm]	Průměr díry d_1 [mm]	Délka řezné hrany l [mm]	Tloušťka destičky s [mm]	Poloměr špičky r_e [mm]
9,525	3,81	16,5	4,76	0,8

Nástrojem 3 se srazí hrany $9 \times 45^\circ$ ($R_a = 6,3 \mu\text{m}$) a $5 \times 45^\circ$ ($R_a = 6,3 \mu\text{m}$) při upnutí v poloze 2. Jedná se o soustružnický nůž ubírací ohnutý pravý, který má pájenou destičku ze slinutého karbidu (SK). Jeho základní parametry jsou uvedeny v tab. 16.

- označení nože: ČSN 22 3712 32x32 H10 (obr. 21)



Obr. 21 Soustružnický nůž ČSN 22 3712 32x32 H10 [25].

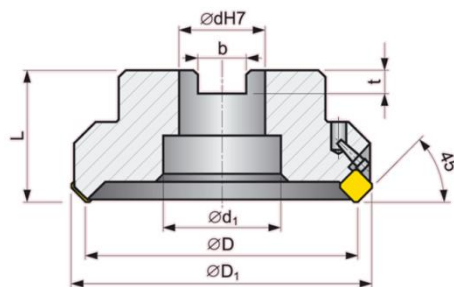
Tab. 16 Základní parametry soustružnického nože [25].

Soustružnický nůž ČSN 22 3712 32x32 H10			
Výška nože $h = h_1$ [mm]	Šířka nože b [mm]	Funkční šířka n [mm]	Funkční délka L [mm]
32	32	14	170

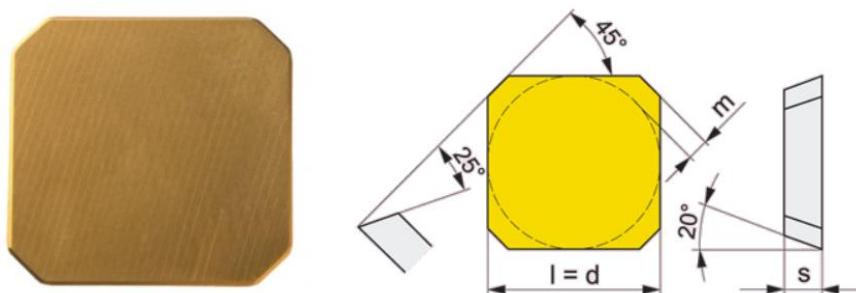
- Operace 06/13 – vyvrtávání

Při frézování součásti na stolové vyvrtávače TOS VARNSDORF W9 jsou použity 2 nástroje. Prvním nástrojem je nástroj 4 (tab. 13) – fréza s šesti VBD. Konkrétně se jedná o čelní frézu s řezným průměrem 125 mm. Fréza i VBD patří mezi výrobky firmy Dormer Pramet s.r.o. a jejich základní parametry jsou v tab. 17.

- označení frézy: DORMER PRAMET – 125B08R-W45SE123F (obr. 22)
- označení VBD: DORMER PRAMET – SEEN 1203AFSN (obr. 23)



Obr. 22 Fréza 125B08R-W45SE123F [26].



Obr. 23 VBD SEEN 1203AFSN [27].

Tento nástroj, po upnutí součásti za $\varnothing 428^{+0,5}_{-0}$ mm, slouží pro frézování plochy okna na kótu 172 ($R_a = 6,3 \mu\text{m}$) a kótu 46 ($R_a = 6,3 \mu\text{m}$). Jakost povrchu $R_a = 6,3 \mu\text{m}$ je u frézování běžně dosažitelná hodnota.

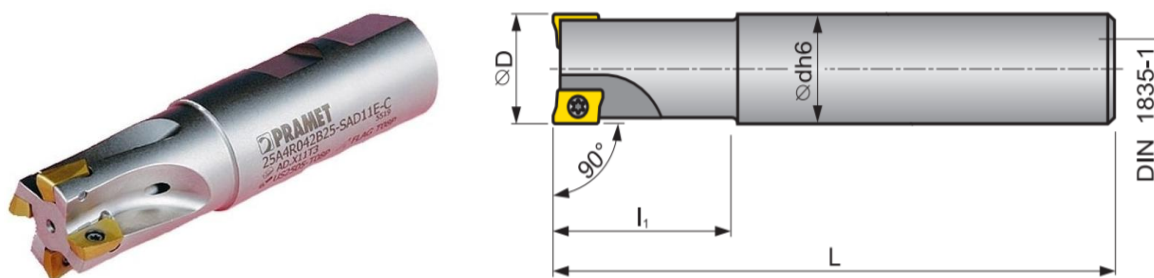
Tab. 17 Základní parametry frézy a VBD [26, 27].

Rovinná fréza 125B08R-W45SE123F			
Max. průměr řezu D_1 [mm]	Řezný průměr D [mm]	Průměr náboje d_1 [mm]	b [mm]
139	125	56	16,4
Rovinná fréza 125B08R-W45SE123F			
Průměr stopky d_{H7} [mm]	Funkční délka L [mm]	t [mm]	Počet zubů Z [-]
40	63	9	6
VBD SEEN 1203AFSN			
Průměr destičky $l = d$ [mm]	Tloušťka destičky s [mm]	m [mm]	
12,7	3,18	1,6	

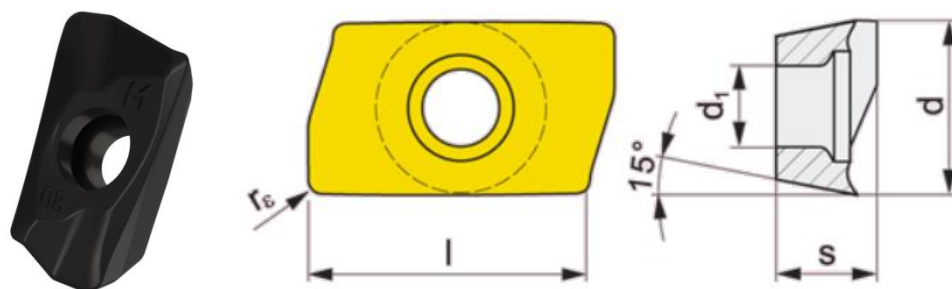
Nástroj 5 je fréza se dvěma zuby. Konkrétně se jedná o stopkovou frézu s řezným průměrem 20 mm. Fréza i VBD jsou produkty firmy Dormer Pramet s.r.o. a jejich základní parametry jsou uvedeny v tab. 18.

- označení frézy: DORMER PRAMET – 20A2R029A20-SAD11E-C (obr. 24)
- označení VBD: DORMER PRAMET – ADMX 11T308SR-M (obr. 25)

Odlitek je stále upnut za $\varnothing 428^{+0,5}_{-0}$ mm a nástroj frézuje okno 55x120 s poloměrem v rozích R10 hotově. Jakost povrchu je $R_a = 6,3 \mu\text{m}$.



Obr. 24 Fréza 20A2R029A20-SAD11E-C [26].



Obr. 25 VBD ADMX 11T308SR-M [27].

Tab. 18 Základní parametry frézy a VBD [26, 27].

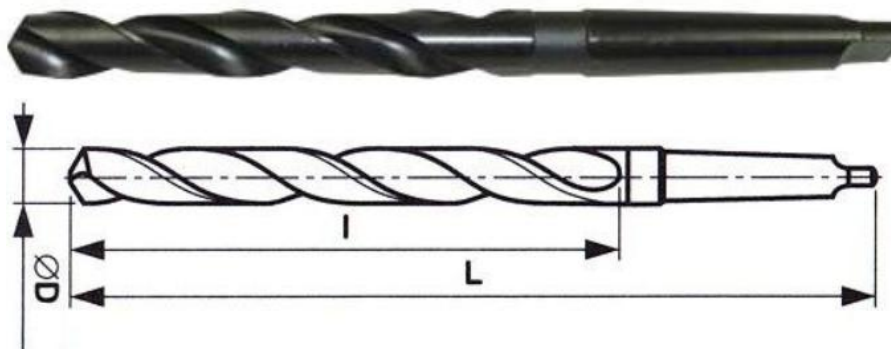
Stopková fréza 20A2R029A20-SAD11E-C				
Řezný průměr D [mm]	Funkční délka L [mm]	Max. vyložení l [mm]	Průměr stopky dh6 [mm]	Počet zubů Z [-]
20	150	29	20	2
VBD ADMX 11T308SR-M				
Průměr destičky d [mm]	Průměr díry d ₁ [mm]	Délka řezné hrany l [mm]	Tloušťka destičky s [mm]	Poloměr špičky r _e [mm]
6,53	2,9	11	3,97	0,8

- Operace 07/13 – frézování

Při frézování odlitku na vertikální frézce TOS KURIM FFQ 100 – OR/A14 je použito celkem devět nástrojů. Jako první (nástroj 6) je použitý vrták Ø 13 mm. Konkrétně se jedná o vrták s kuželovou stopkou firmy M&V, spol. s r. o., divize STIMZET (dále jen STIMZET), který je vyrobený z výkonné rychlořezné oceli (HSS). Technické parametry vrtáku jsou v tab. 19.

– označení vrtáku: STIMZET – HSS, ČSN 22 1140, Ø 13mm (obr. 26)

Součást je před začátkem frézování upnuta do svěráku za Ø 250 mm – poloha 1. Tímto vrtákem je vyvrtáno 12 průchozích děr Ø 13 mm.



Obr. 26 Vrták HSS, ČSN 22 1140, Ø 13mm [28].

Tab. 19 Základní parametry vrtáku [28].

Vrták s kuželovou stopkou HSS, ČSN 22 1140, Ø 13 mm				
Řezný průměr D [mm]	Funkční délka L [mm]	Řezná délka l [mm]	Úhel stoupání α [°]	Úhel špičky ε [°]
13	182	101	25–30	118

Druhý v pořadí je nástroj 7. Jedná se o vrták Ø 10,8 mm. Konkrétně jde o vrták s kuželovou stopkou firmy STIMZET, který je vyrobený z výkonné rychlořezné oceli (HSS). Technické parametry vrtáku se nacházejí v tab. 20.

- označení vrtáku: STIMZET – HSS, ČSN 22 1140, Ø 10,8 mm (obr. 26)

Tento vrták slouží k vyvrtání jedné díry Ø 10,8 mm.

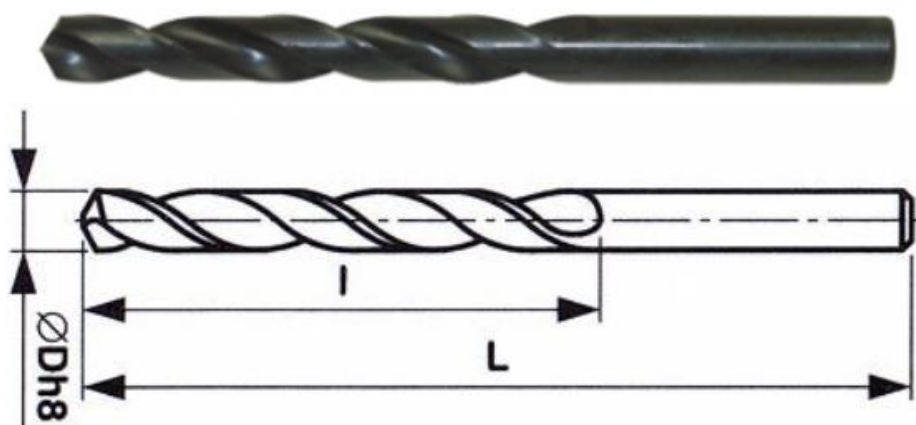
Tab. 20 Základní parametry vrtáku [28].

Vrták s kuželovou stopkou HSS, ČSN 22 1140, Ø 10,8 mm				
Řezný průměr D [mm]	Funkční délka L [mm]	Řezná délka l [mm]	Úhel stoupání α [°]	Úhel špičky ε [°]
10,8	175	94	25–30	118

Další použitý vrták (nástroj 8) má Ø 10,2 mm. Jedná se o vrták s válcovou stopkou vyrobený z HSS. Technické parametry vrtáku jsou v tab. 21.

- označení vrtáku: HSS, ČSN 22 1121, Ø 10,2 mm (obr. 27)

Vrták je určen k předvrtání 6 děr pro závity M12 do hloubky 25 mm.



Obr. 27 Vrták HSS, ČSN 22 1121, Ø 10,2 mm [28].

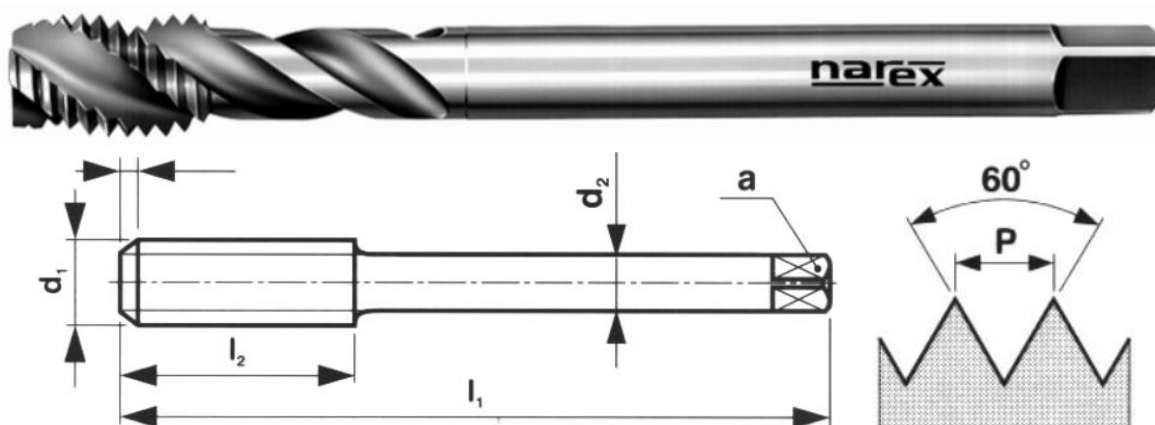
Tab. 21 Základní parametry vrtáku [28].

Vrták s válcovou stopkou HSS, ČSN 22 1121, Ø 10,2 mm				
Řezný průměr D [mm]	Funkční délka L [mm]	Řezná délka l [mm]	Úhel stoupání α [°]	Úhel špičky ε [°]
10,2	133	87	25–30	118

Nástroj 9 je strojní závitník firmy Narex s.r.o. vyrobený z materiálu HSSE, což je vysoce výkonná rychlořezná ocel legovaná 5 % Co. Technické parametry závitníku jsou uvedeny v tab. 22.

- označení závitníku: NAREX – HSSE, ČSN 22 3044, M12 /4050/ (obr. 28)

Tento závitník slouží k vyrobení 6 závitů M12 poté, co se v předchozí operaci předvrtaly díry vrtákem Ø 10,2 mm.



Obr. 28 Závitník HSSE, ČSN 22 3044, M12 /4050/ [29].

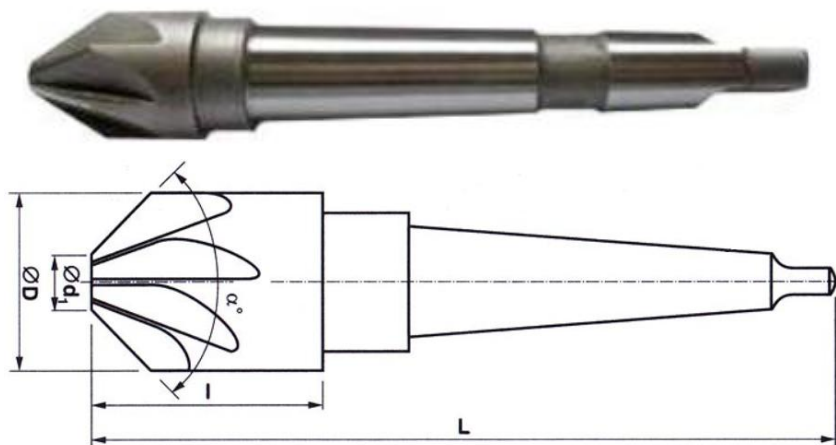
Tab. 22 Základní parametry závitníku [29].

Strojní závitník HSSE, ČSN 22 3044, M12 /4050/					
Řezný průměr d_1 [mm]	Průměr stopky d_2 [mm]	Funkční délka l_1 [mm]	Řezná délka l_2 [mm]	a [mm]	Rozteč P [mm]
M12	9	110	18	7	1,75

Záhlubník je nástroj číslo 10. Konkrétně se jedná o kuželový záhlubník s kuželovou stopkou firmy STIMZET, který je vyrobený z materiálu HSS. Kužel svírá 90° a další technické parametry záhlubníku jsou v tab. 23.

- označení záhlubníku: STIMZET – HSS, ČSN 22 1628, 90x25 mm (obr. 29)

Tento záhlubník slouží ke sražení hran a je to poslední nástroj pro zhotovení 6 děr pro závit M12.



Obr. 29 Záhlubník HSS, ČSN 22 1628, 90x25 mm [28].

Tab. 23 Technické parametry záhlubníku [28].

Záhlubník kuželový HSS, ČSN 22 1628, 90x25 mm					
Řezný průměr D [mm]	Průměr špičky d_1 [mm]	Funkční délka L [mm]	Řezná délka l [mm]	Úhel stoupání α [°]	Počet zubů Z [-]
25	7	121	29	90	7

Nástroj 11 – vrták s válcovou stopkou Ø 6 mm. Vrták je vyroben z výkonné rychlořezné oceli (HSS). Technické parametry vrtáku jsou v tab. 24.

- označení vrtáku: HSS, ČSN 22 1121, Ø 6 mm (obr. 27)

Vrták je určen k vyvrtání dvou děr pro kuželový kolík.

Tab. 24 Technické parametry vrtáku [28].

Vrták s válcovou stopkou HSS, ČSN 22 1121, Ø 6 mm				
Řezný průměr D [mm]	Funkční délka L [mm]	Řezná délka l [mm]	Úhel stoupání α [°]	Úhel špičky ε [°]
6	93	57	25–30	118

Poslední operace v poloze 1 (upnuto za Ø 250 mm) se provede nástrojem 5. Jedná se o stopkovou frézu DORMER PRAMET – 20A2R029A20-SAD11E-C (obr. 24) s VBD: ADMX 11T308SR-M (obr. 25) od stejné firmy, s jejíž pomocí dojde k zafrézování na kótu 167.

Po zafrézování se součást přestaví do polohy 2, kdy je odlitek upnut do svěráku za Ø 428^{-0,5} mm. Nástroj 12 – vrták Ø 8,5 mm na předvrtání děr. Konkrétně se jedná o vrták s válcovou stopkou vyrobený z HSS. Technické parametry jsou v tab. 25.

- označení vrtáku: HSS, ČSN 22 1121, Ø 8,5 mm (obr. 27)

Tento vrták slouží pro vytvoření 6 děr pro závit M10.

Tab. 25 Technické parametry vrtáku [28].

Vrták s válcovou stopkou HSS, ČSN 22 1121, Ø 8,5 mm				
Řezný průměr D [mm]	Funkční délka L [mm]	Řezná délka l [mm]	Úhel stoupání α [°]	Úhel špičky ε [°]
8,5	117	75	25–30	118

Nástroj 13 – strojní závitník od firmy Narex s.r.o. vyrobený z materiálu HSSE. Technické parametry závitníku jsou uvedeny v tab. 26.

- označení závitníku: NAREX – HSSE, ČSN 22 3044, M10 /4050/ (obr. 28)

Závitník vytvoří závit M10 u těchto děr.

Tab. 26 Základní parametry závitníku [29].

Strojní závitník HSSE, ČSN 22 3044, M10 /4050/					
Řezný průměr d_1 [mm]	Průměr stopky d_2 [mm]	Funkční délka l_1 [mm]	Řezná délka l_2 [mm]	a [mm]	Rozteč P [mm]
M10	7	100	15	5,5	1,75

Pro dokončení 6 závitů M10 se ještě musí srazit hrany. Na to poslouží nástroj 10 – záhlubník kuželový s kuželovou stopkou vyrobený z materiálu HSS. Jeho technické parametry jsou v tab. 23.

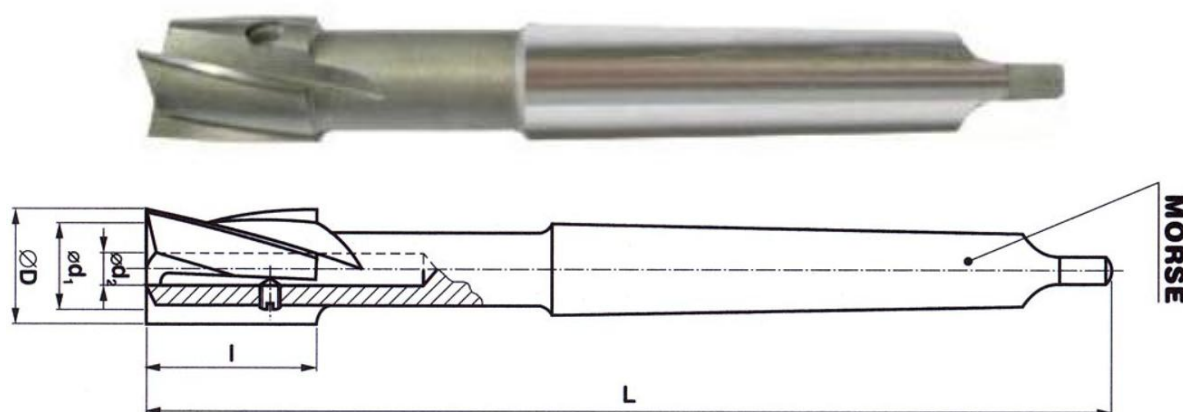
- označení záhlubníku: STIMZET – HSS, ČSN 22 1628, 90x25 mm (obr. 29)

- Operace 08/13 – Vrtání

Při vrtání na otočné vrtačce KOVOSVIT VR 6A jsou postupně použity 4 nástroje pro zhotovení dvou typů děr. První z nich (nástroj 14) je záhlubník s kuželovou stopkou a výměnnými vodícími čepy firmy STIMZET, který se vyrábí z materiálu HSS. Technické parametry záhlubníku jsou v tab. 27.

– označení záhlubníku: STIMZET – HSS, ČSN 22 1606, Ø 20 mm (obr. 30)

Před samotným vrtáním je součást upnuta za Ø 428^{0,5} mm. Tento záhlubník slouží k vytvoření 12 děr Ø 20 mm do hloubky 13 mm.



Obr. 30 Záhlubník HSS, ČSN 22 1606, Ø 20 mm [28].

Tab. 27 Technické parametry záhlubníku [28].

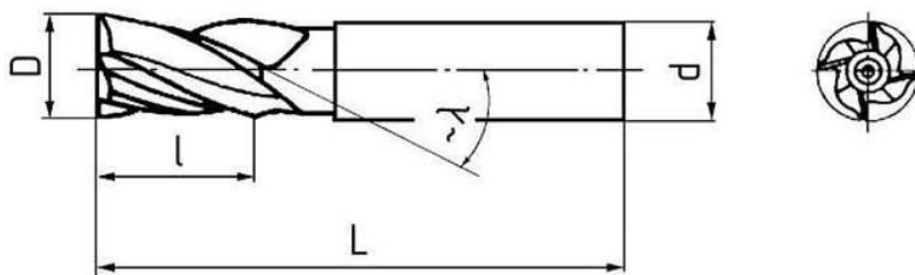
Záhlubník HSS, ČSN 22 1606, Ø 20 mm					
Řezný průměr D [mm]	d ₁ [mm]	Průměr čepu d ₂ [mm]	Funkční délka L [mm]	Řezná délka l [mm]	Počet zubů Z [-]
20	13	5	140	25	4

Druhý v pořadí je nástroj 15. Jedná se o krátkou nesouměrnou frézu pro drážky vyrobenou z vysoce výkonné oceli legované 8 % Co. Technické parametry frézy jsou uvedeny v tab. 28.

– označení frézy: HSS, ZPS FN, F220418, 20x22 mm (obr. 31)

Krátká fréza slouží pro vyfrézování jednoho zahloubení Ø 20 mm do hloubky 10 mm. Kvalita povrchu je v tomto případě Ra = 6,3 µm, jedná se tedy o běžně dosažitelnou hodnotu.





Obr. 31 Fréza HSS, ZPS FN, F220418, 20x22 mm [30].

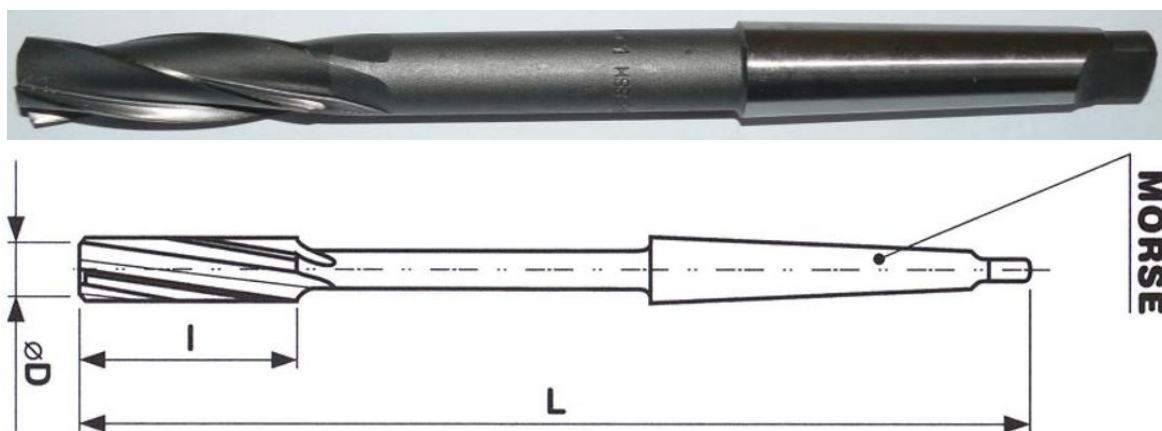
Tab. 28 Technické parametry frézy [30].

Fréza pro drážky HSS, ZPS FN, F220418, 20x22 mm				
Řezný průměr D [mm]	Průměr stopky d [mm]	Funkční délka L [mm]	Řezná délka l [mm]	Úhel stoupání λ [°]
20	20	88	22	25

Následuje nástroj 16 – čtyřbřitý výhrubník Ø 11,75 mm. Konkrétně se jedná o výhrubník s kuželovou stopkou firmy STIMZET vyrobený z výkonné rychlořezné oceli (HSS). Technické parametry výhrubníku se nacházejí v tab. 29.

– označení výhrubníku: STIMZET – HSS, ČSN 22 1411, Ø 11,75 mm (obr. 32)

Čtyřbřitý výhrubník Ø 11,75 mm je určen k vyhrubování díry Ø 12H6 do hloubky 14 mm.



Obr. 32 Výhrubník HSS, ČSN 22 1411, Ø 11,75 mm [28].

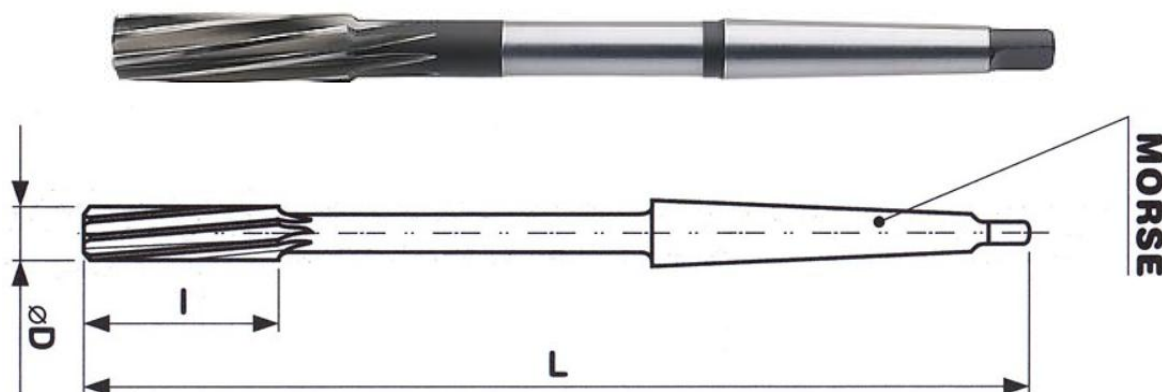
Tab. 29 Technické parametry výhrubníku [28].

Výhrubník HSS, ČSN 22 1411, Ø 11,75 mm			
Řezný průměr D [mm]	Funkční délka L [mm]	Řezná délka l [mm]	Počet zubů Z [-]
11,75	182	44	4

Výstružník strojní s kuželovou stopkou je 17. nástrojem a zároveň posledním v operaci 08/13. Výstružník z HSS Ø 12 mm patří mezi výrobek firmy STIMZET. Jeho technické parametry jsou v tab. 30.

– označení výstružníku: STIMZET – HSS, ČSN 22 1431, 12H6 (obr. 33)

Osmibřitý nástroj slouží k vystružování díry Ø 12H6 do hloubky 14 mm. Výsledná kvalita povrchu po této operaci je $R_a = 1,6 \mu\text{m}$, což je běžně dosažitelná hodnota při vystružování.



Obr. 33 Výstružník HSS, ČSN 22 1431, 12H6 [28].

Tab. 30 Technické parametry výstružníku [28].

Výstružník HSS, ČSN 22 1431, 12H6			
Řezný průměr D [mm]	Funkční délka L [mm]	Řezná délka l [mm]	Počet zubů Z [-]
12	182	44	8

• Operace 09/13 – Vyvrtávání

Při vyvrtávání na souřadnicové vyvrtávače KOVOSVIT MAS WKV 100 je celkem použito 15 nástrojů, z toho třináct dosud nevyužitých a dva z předchozích operací. První v pořadí (nástroj 4) je rovinná fréza s VBD od firmy Dormer Pramet s.r.o., se kterou se pracovalo již na stolové vyvrtávače W9 v operaci 06/13 při frézování okna. Technické parametry frézy jsou v tab. 17.

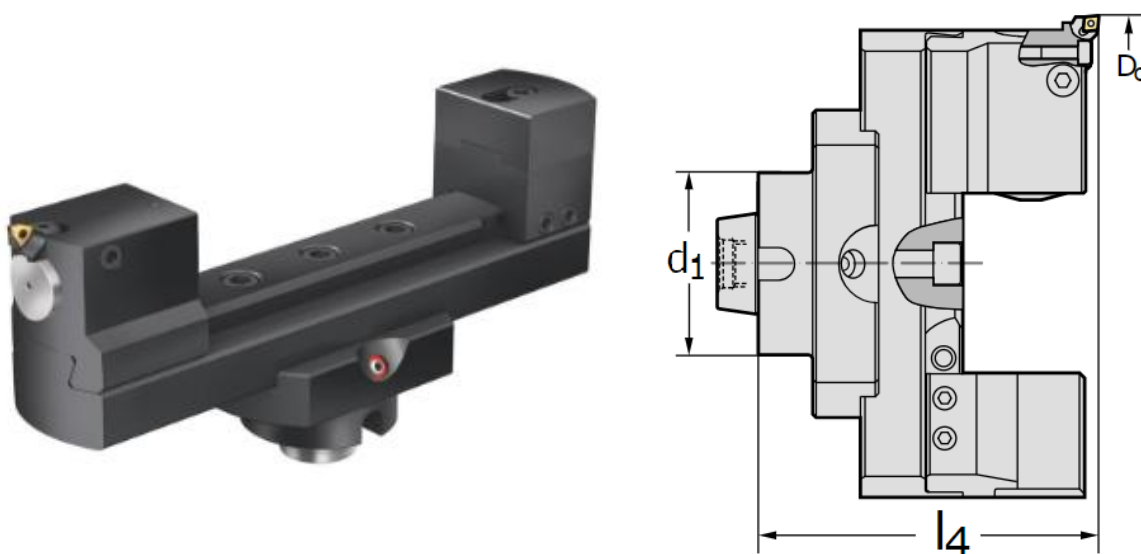
- označení frézy: DORMER PRAMET – 125B08R-W45SE123F (obr. 22)
- označení VBD: DORMER PRAMET – SEEN 1203AFSN (obr. 23)

Před samotným úkonem se součást upne na otočný stůl za Ø 250 mm, po kterém může dojít k frézování horní plochy. Výsledná jakost povrchu u této plochy je $R_a = 3,2 \mu\text{m}$ – běžně dosažitelná hodnota. Tato fréza je ještě použita pro frézování tří nálitků, do kterých se při montáži umísťují čepy. Nálitky jsou frézovány s hodnotou $R_a = 6,3 \mu\text{m}$.

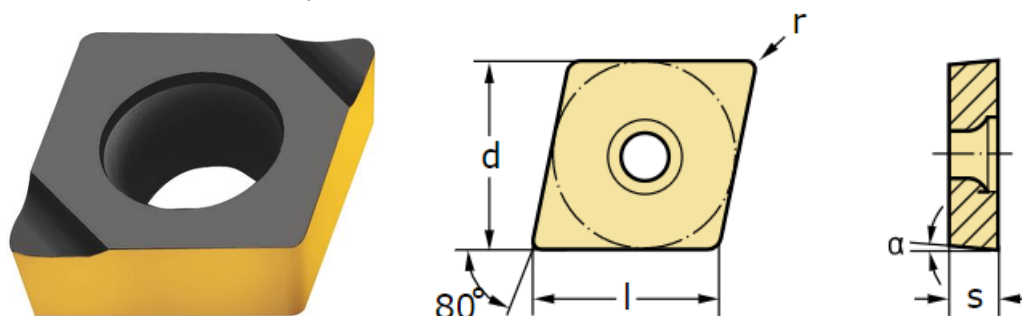
První z nově použitých nástrojů má číslo 18. Jedná se o nástroj na přesné vyvrtávání s jednou VBD od firmy Walter s.r.o., jejichž technické parametry jsou v tab. 31.

- označení vyvrtávačky: WALTER – B3230.N8.150-220.Z1.CC06 (obr. 34)
- označení VBD: WALTER – CCGT 060204-X15 WAK15 (obr. 35)

Tento nástroj je určený k obrobení Ø 184Js6 s výslednou kvalitou povrchu $R_a = 1,6 \mu\text{m}$. Zmíněná hodnota je běžně dosažitelná při technologii vyvrtávání.



Obr. 34 Vyvrtávačka B3230.N8.150-220.Z1.CC06 [31].



Obr. 35 VBD CCGT 060204-X15 WAK15 [32].

Tab. 31 Technické parametry vyvrtávačky a VBD [31, 32].

Vyvrtávačka B3230.N8.150-220.Z1.CC06				
Řezný průměr D_c [mm]	Průměr spojení d_1 [mm]	Funkční délka l_4 [mm]	Počet zubů Z [-]	
150–220	80	150	1	
VBD CCGT 060204-X15 WAK15				
Průměr destičky d [mm]	Délka řezné hrany l [mm]	Tloušťka destičky s [mm]	Poloměr špičky r_e [mm]	Úhel hřbetu α [°]
6,35	6,45	2,38	0,4	7

Číslo 20 má další nástroj na přesné vyvrtávání od firmy Walter s.r.o. Jedná se o stejný typ nástroje jako v předchozím případě, má pouze větší řezný průměr. Základní technické parametry jsou uvedeny v tab. 32.

- označení vyvrtávačky: WALTER – B3230.N8.360-430.Z1.CC06 (obr. 34)
- označení VBD: WALTER – CCGT 060204-X15 WAK15 (obr. 35)

Tento nástroj slouží k obrobení $\varnothing 410H7$ s výslednou jakostí povrchu $R_a = 1,6 \mu\text{m}$. Zmíněná hodnota je běžně dosažitelná při technologii vyvrtávání.

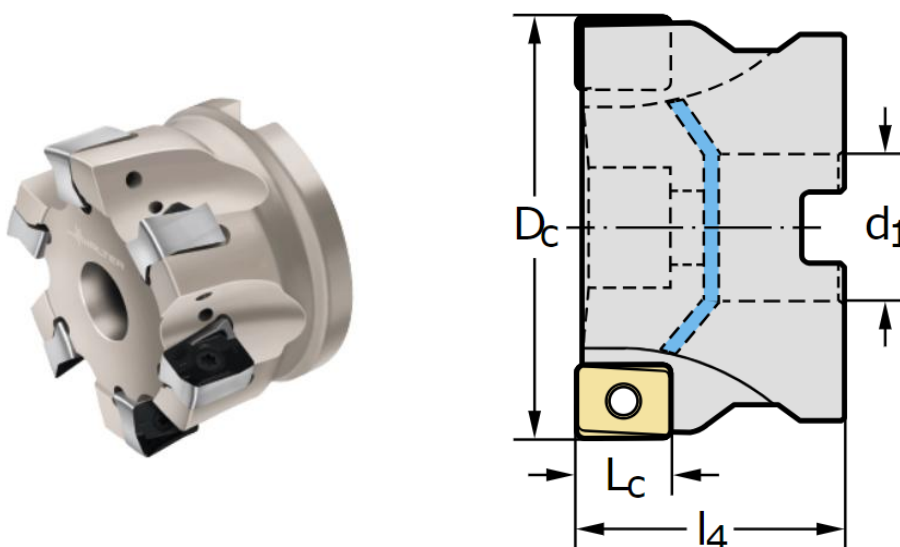
Tab. 32 Technické parametry vyvrtávačky [31].

Vyvrtávačka B3230.N8.150-220.Z1.CC06			
Řezný průměr D_c [mm]	Průměr spojení d_1 [mm]	Funkční délka l_4 [mm]	Počet zubů Z [-]
360–430	80	150	1

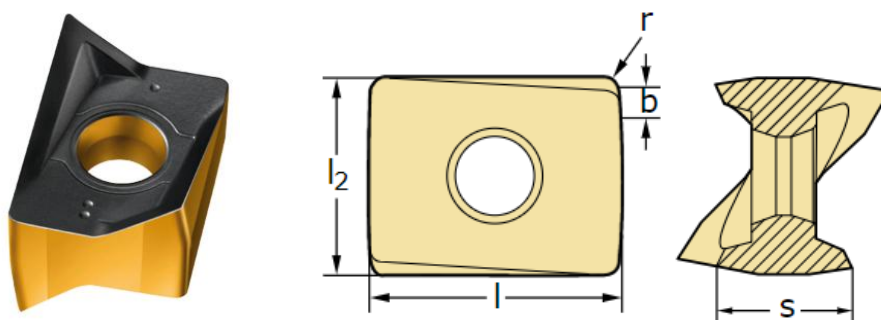
Nástroj číslo 19. Rohová fréza se třemi zuby z produkce firmy Walter s.r.o., jejíž základní technické parametry jsou v tab. 33. Kosočtvercové negativní VBD mají 4 řezné hrany a jsou také výrobkem zmíněné firmy.

- označení frézy: F4041.B16.040.Z03.13 (obr. 36)
- označení VBD: LNGX130708R-L55 WAK15 (obr. 37)

U obou předchozích průměrů musí dojít k obrobení čela, k čemuž dojde právě pomocí této frézy. Jak v jednom, tak v druhém případě je hodnota kvality povrchu $R_a = 1,6 \mu\text{m}$, tedy běžně dosažitelná hodnota jakosti.



Obr. 36 Fréza F4041.B16.040.Z03.13 [33].



Obr. 37 VBD LNGX130708R-L55 WAK15 [34].

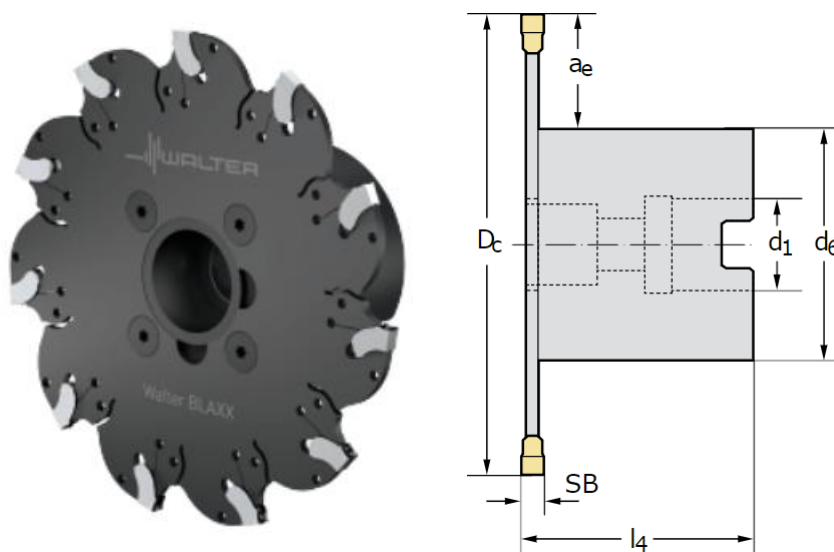
Tab. 33 Základní parametry frézy a VBD [33, 34].

Fréza F4041.B16.040.Z03.13				
Řezný průměr D_c [mm]	Průměr spojení d_1 [mm]	Maximální vyložení l_4 [mm]	Délka břitu L_c [mm]	Počet zubů Z [-]
40	16	40	13	3
VBD LNGX130708R-L55 WAK15				
Délka řezné hrany l [mm]	Šířka destičky l_2 [mm]	Délka hladicího břitu b [mm]	Tloušťka destičky s [mm]	Poloměr špičky r_s [mm]
13,7	11	1,2	7,74	0,8

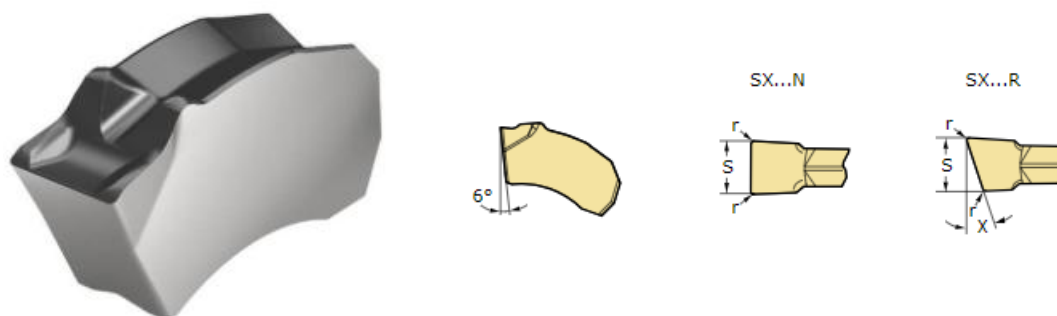
Dělicí a kotoučová fréza (nástroj 21) s jedenácti vyměnitelnými břitovými destičkami od firmy Walter s.r.o., jejichž základní technické parametry jsou v tab. 34.

- označení frézy: WALTER – BN32.125.Z11.3,0R (obr. 38)
- označení VBD: WALTER – SX-3E300N02-CE4 WKP23S (obr. 39)

Tato kotoučová fréza se používá pro vytvoření zápichu šířky 3 mm u Ø 410H7.



Obr. 38 Fréza BN32.125.Z11.3,0R [35].



Obr. 39 VBD SX-3E300N02-CE4 WKP23S [36].

Tab. 34 Základní parametry frézy a VBD [35, 36].

Fréza BN32.125.Z11.3,0R						
Řezný průměr D_c [mm]	Průměr stopky d_1 [mm]	Průměr náboje d_6 [mm]	Funkční délka l_4 [mm]	Výška řezu SB [mm]	Hloubka řezu a_e [mm]	Počet zubů Z [-]
125	32	58	50	3	33	11
VBD SX-3E300N02-CE4 WKP23S						
Upichovací šířka s [mm]				Poloměr špičky r_e [mm]		
3				0,2		

Nástroj 22 – vrták Ø 4,2 mm na předvrtání děr. Konkrétně se jedná o vrták s válcovou stopkou vyrobený z výkonné rychlořezné oceli (HSS). Technické parametry jsou v tab. 35.

– označení vrtáku: HSS, ČSN 22 1121, Ø 4,2 mm (viz obr. 27)

Tento vrták slouží pro vytvoření 5 děr M5 – 6H.

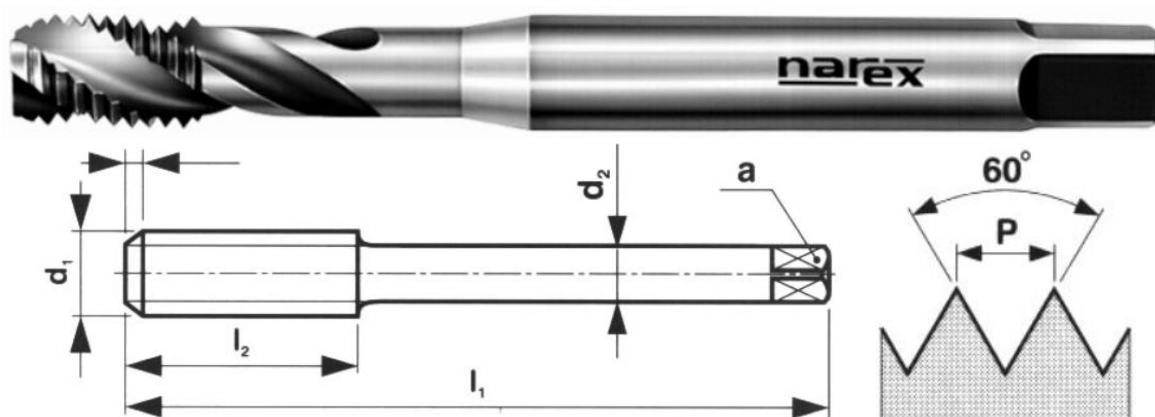
Tab. 35 Technické parametry vrtáku [28].

Vrták s válcovou stopkou HSS, ČSN 22 1121, Ø 4,2 mm				
Řezný průměr D [mm]	Funkční délka L [mm]	Řezná délka l [mm]	Úhel stoupání α [°]	Úhel špičky ε [°]
4,2	75	43	25–30	118

Nástroj 23 je strojní závitník od firmy Narex s.r.o. vyrobený z materiálu HSSE. Technické parametry závitníku jsou uvedeny v tab. 36.

– označení závitníku: NAREX – HSSE, ČSN 22 3044, M5 /2050/ (obr. 40)

Nástroj vytvoří závit M5 u pěti předvrtaných děr do hloubky 10 mm. Tyto díry později slouží pro přišroubování krytu na okno vřetenové hlavy.



Obr. 40 Závitník HSSE, ČSN 22 3044, M5 /2050/ [29].

Tab. 36 Základní parametry závitníku [29].

Strojní závitník HSSE, ČSN 22 3044, M5 /050/					
Řezný průměr d_1 [mm]	Průměr stopky d_2 [mm]	Funkční délka l_1 [mm]	Řezná délka l_2 [mm]	a [mm]	Rozteč P [mm]
M5	6	70	8	4,9	0,8

Nástroj 24 – vrták Ø 17,5 mm na předvrtání děr. Konkrétně se jedná o vrták s kuželovou stopkou vyrobený z výkonné rychlořezné oceli (HSS). Technické parametry jsou uvedeny v tab. 37.

- označení vrtáku: HSS, ČSN 22 1140, Ø 17,5 mm (obr. 26)

Tento nástroj slouží pro vyvrtání 3 děr pro závit M20 – 6H do hloubky 26 mm. Zmíněné díry slouží pro umístění čepů při montáži.

Tab. 37 Základní parametry vrtáku [28].

Vrták s kuželovou stopkou HSS, ČSN 22 1140, Ø 17,5 mm				
Řezný průměr D [mm]	Funkční délka L [mm]	Řezná délka l [mm]	Úhel stoupání α [°]	Úhel špičky ε [°]
17,5	228	130	25–30	118

Záhlubník je nástroj číslo 25. Konkrétně se jedná o kuželový záhlubník s kuželovou stopkou firmy STIMZET, který je vyrobený z materiálu HSS. Kužel svírá 90° a další technické parametry záhlubníku jsou v tab. 38.

- označení záhlubníku: STIMZET – HSS, ČSN 22 1628, 90x40 mm (obr. 29)

Tento záhlubník srazí hrany 1x45 mm.

Tab. 38 Technické parametry záhlubníku [28].

Záhlubník kuželový HSS, ČSN 22 1628, 90x45 mm					
Řezný průměr D [mm]	Průměr špičky d_1 [mm]	Funkční délka L [mm]	Řezná délka l [mm]	Úhel stoupání α [°]	Počet zubů Z [-]
40	12,5	150	35	90	9

Nástroj 26 je strojní závitník firmy Narex s.r.o. vyrobený z materiálu HSSE, což je vysoce výkonná rychlořezná ocel legovaná 5 % Co. Technické parametry závitníku jsou uvedeny v tab. 39.

- označení závitníku: NAREX – HSSE, ČSN 22 3044, M20 /4050/ (obr. 28)

Tento závitník slouží k vyrobení 3 závitů M20 poté, co se v předchozí operaci předvrtaly díry vrtákem Ø 17,5 mm.

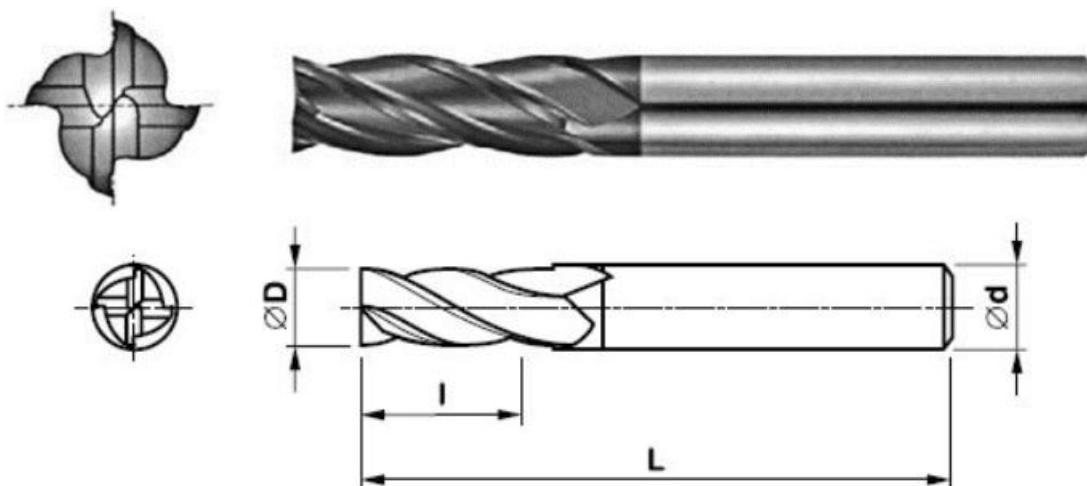
Tab. 39 Základní parametry závitníku [29].

Strojní závitník HSSE, ČSN 22 3044, M12 /4050/					
Řezný průměr d_1 [mm]	Průměr stopky d_2 [mm]	Funkční délka l_1 [mm]	Řezná délka l_2 [mm]	a [mm]	Rozteč P [mm]
M20	16	125	20	12	1

Nástroj 27 je čtyřbřitá tvrdokovová fréza. Technické parametry frézy jsou v tab. 40.

– označení frézy: MASTER – 311-240-1-20x38 /81980/ (obr. 41)

Fréza slouží pro vyhloubení 3 děr Ø 50H6 včetně čela do hloubky 5 mm. Kvalita povrchu obvodu děr i čela je $R_a = 1,6 \mu\text{m}$.



Obr. 41 Fréza 311-240-1-20x38 /81980/ [30].

Tab. 40 Základní parametry frézy [30].

Fréza 311-240-1-20x38 /81980/			
Řezný průměr D [mm]	Průměr stopky d [mm]	Funkční délka L [mm]	Řezná délka l [mm]
20	20	100	38

Pro vytvoření díry Ø 10H7 do hloubky 10 mm se nejprve použije vrták s válcovou stopkou z HSS (nástroj 28). Technické parametry vrtáku jsou uvedeny v tab. 41.

– označení vrtáku: HSS, ČSN 22 1121, Ø 9,5 mm (obr. 27)

Tab. 41 Základní parametry vrtáku [28].

Vrták s válcovou stopkou HSS, ČSN 22 1121, Ø 9,5 mm				
Řezný průměr D [mm]	Funkční délka L [mm]	Řezná délka l [mm]	Úhel stoupání α [°]	Úhel špičky ε [°]
9,5	125	81	25–30	118

V dalším kroku přijde na řadu nástroj číslo 29. Jedná se o výhrubník s kuželovou stopkou vyrobený z HSS. Technické parametry výhrubníku jsou v tab. 42.

– označení výhrubníku: STIMZET – HSS, ČSN 22 1411, Ø 9,8 mm (obr. 32)

Tab. 42 Technické parametry výhrubníku [28].

Výhrubník HSS, ČSN 22 1411, Ø 9,8 mm			
Řezný průměr D [mm]	Funkční délka L [mm]	Řezná délka l [mm]	Počet zubů Z [-]
9,8	168	38	4

Díra Ø 10H7 hloubky 10 mm se dokončí strojním výstružníkem s kuželovou stopkou vyrobeného z HSS (nástroj 30). Technické parametry jsou v tab. 43.

- označení výstružníku: STIMZET – HSS, ČSN 22 1431, 10H7 (obr. 33)

Tab. 43 Technické parametry výstružníku [28].

Výstružník HSS, ČSN 22 1431, 10H7			
Řezný průměr D [mm]	Funkční délka L [mm]	Řezná délka l [mm]	Počet zubů Z [-]
10	168	38	6

- Operace 12/13 - vyvrtávání

Po vyražení čísla výkresu a identifikačního čísla na součást v operaci 10/13, které se provede na zámečnické dílně, je v operaci 11/13 nalícováno pouzdro dovnitř obrobeného odlitku s rozměrem Ø 184Js6. V aktuální operaci se součást vrací na souřadnicovou vyvrtávačku KOVOSVIT MAS WKV 100, kde se znovu použije nástroj 19. Jedná se o rohovou frézu se třemi zuby od firmy Walter s.r.o. a její parametry jsou uvedeny v tab. 33.

- označení frézy: F4041.B16.040.Z03.13 (obr. 36)
- označení VBD: LNGX130708R-L55 WAK15 (obr. 37)

Fréza se použije pro přefrézování čela do roviny poté, co se do součásti nalícuje pouzdro (obr. 42). S operací 12/13 končí třískové obrábění odlitku a následuje celková montáž všech komponentů do sestavy vřetenové hlavy.



Obr. 42 Čelo přefrézované do roviny.

3.5 Montážní postup

Montážní postup je v tab. 44. Prvních pět operací lze zařadit do tzv. předmontáže, jelikož se jedná o různé úpravy tělesa vřetenové hlavy, úkony a postupy, které později slouží pro celkovou montáž. Ta začíná během šesté operace na zámečnické dílně a končí elektrickým zapojením a záběhem vřetenové hlavy. Pokud zaběhnutí hlavy proběhne v pořádku, následuje montáž na obráběcí stroj.

Tab. 44 Montážní postup.

VUT v Brně, FSI, ÚST			Datum: 17. 2. 2019	
MONTÁŽNÍ POSTUP				
Název součásti: VŘETENOVÁ HLAVA VA1				
Číslo op.:	Pracoviště:	Popis práce:	Nástroj:	Čas práce [min]:
01/07	Úprava povrchu 09672.0	Opracování a natření	-	145
02/07	Zámečnická dílna 09521.7	Zaškrabání desky	-	240
03/07	Zámečnická dílna 09521.7	Úprava dílů pro montáž	-	90
04/07	Zámečnická dílna 09521.7	Odtlakování	-	300
05/07	Zámečnická dílna 09521.7	Lícování	-	240
06/07	Zámečnická dílna 09521.7	Kompletace a montáž hlavy	-	2 460
07/07	Zámečnická dílna 09538.0	Elektrické zapojení	-	360

3.5.1 Předmontáž

Těleso vřetenové hlavy je po odlití a třískovém obrábění nutné připravit pro montáž. V první řadě dochází k obroušení švů, výstupků a slévarenských nečistot, aby bylo těleso hlavy upraveno pro aplikaci základního nátěru. Ten spočívá ve vytření vnitřních ploch olejivzdornou barvou a na venkovní plochy se nanáší barva polyuretanová, která obsahuje chladicí emulzi. Základní vrstva je 40–50 μm (příloha 8). Finální vrstva, 60–80 μm , se nanáší až po celém smontování hlavy. Tloušťka vrstvy se musí dodržet, aby se barva nesloupala.

Druhou operací v pořadí je zaškrabání desky. Zaškrabávání je ruční opracování ploch, které musí vyhovovat nejprísnějším požadavkům. Protože je vřetenová hlava upnuta ve vřeteníku a je rotační, nejdůležitější funkcí je rovinnost mezi dvěma vzájemně rovnoběžnými plochami této desky, a proto se musí zaškrabávat. Přesnost dosahovaná při zaškrabávání desky činí 0,004 mm v rovinnosti, což odpovídá 1. třídě jakosti (příloha 9).

Při samotném zaškrabávání se používá tušírovací plotna, která je zkalibrovaná a má vynikající rovinnost. Dále se používá litinové mezikruží, které je taky opracované do větší přesnosti a tímto mezikružím se deska opisuje. To spočívá v tom, že se jedna plocha natře žlutou barvou, druhá plocha zelenou barvou a tím, jak o sebe plochy třou, vznikne na místech dotyku barva modrá. Pod tušírovací plotnu se umístí deska, která se natře zmíněnou modrou barvou a v důsledku toho se zviditelní nerovnosti desky. Při pohledu na desku shora vidí pracovník lesklý povrch a modré skvrny. Cílem je odstranit co nejvíce modrých skvrn a dosáhnout lesklého, tím pádem vysoce přesného povrchu.

Následuje úprava všech dílů vřetenové hlavy pro montáž, do které lze zahrnout sražení a zaoblení hran, protažení závitových otvorů, vyčištění a profouknutí kanálků nebo proniků a na závěr vizuální kontrolu. Hrany se zaoblují z toho důvodu, aby se nepoškodily těsnicí kroužky. Jejich poškozením by došlo k úniku vzduchu nebo oleje a poruše celé vřetenové hlavy. Těsnicí kroužky se na vnější průměry do 200 mm natahují za studena. Největší problém nastává u vnitřních hlubokých průměrů, kdy se kroužek musí nahřát v oleji, stlačit do tvaru ledvinky, pomocí kleští vložit do příslušné drážky a znovu uvést do původního tvaru „O“ (příloha 10).

Konstrukce tělesa neumožňuje přímo vyvrtat některé díry, a proto se musí zhotovit jiná díra, pomocí které se poté vyvrtá díra potřebná. V takovém případě je na výkrese napsáno, že daná díra se musí utěsnit ucpávkovým kolíkem. S tím souvisí odtlačování tělesa, které se provádí v operaci 04/07. Na výkrese je napsáno, že vnitřní průměr pouzdra, Ø 184 mm, se musí kontrolovat v celé délce tlakem 2 MPa. Nejprve se namontují těsnicí kroužky do opracovaných drážek na pouzdře, kde nesmí být žádné nečistoty a pouzdro se nasune do tělesa hlavy. K součásti se připojí přívody pro hydraulický olej, do kterých se pustí tlak 2 MPa. Tím se zkouší propustnost litiny, tlak nesmí nikde utíkat.

Poslední úkon v předmontáži je lícování. Pouzdro umístěné uvnitř tělesa hlavy přesahuje, a proto se musí přefrézovat jeho čelo do roviny s tělesem hlavy.

Po přefrézování čela do roviny se pouzdro z tělesa hlavy demontuje, sundají se z něho těsnicí kroužky a všechny součásti se očistí a připraví na celkovou montáž.

3.5.2 Montáž

Vlastní montáž začíná sestavením vřetene, na které se nasunou 3 kuličková ložiska s kosoúhlým stykem (SKF). Ty přijdou od výrobce zabalené a namazané. Uložení tří ložisek se nazývá do „O plus tandem“ (příloha 11). Aby byla ložiska sady namontována ve správném uspořádání, jsou na plášti vnějších kroužků označeny značnou „V“. Označení uspořádání musí být vždy dodrženo, jinak by byla narušena funkce ložisek. Špička značky „V“ udává směr, ve kterém je axiální zatížení, které má působit na vnitřní kroužek. Ložiska se natahují na vřeteno pomocí kroužku, který tlačí na ložiska, a tím pádem je dostane do správné pozice. Nakonec se ložiska zajistí maticí.

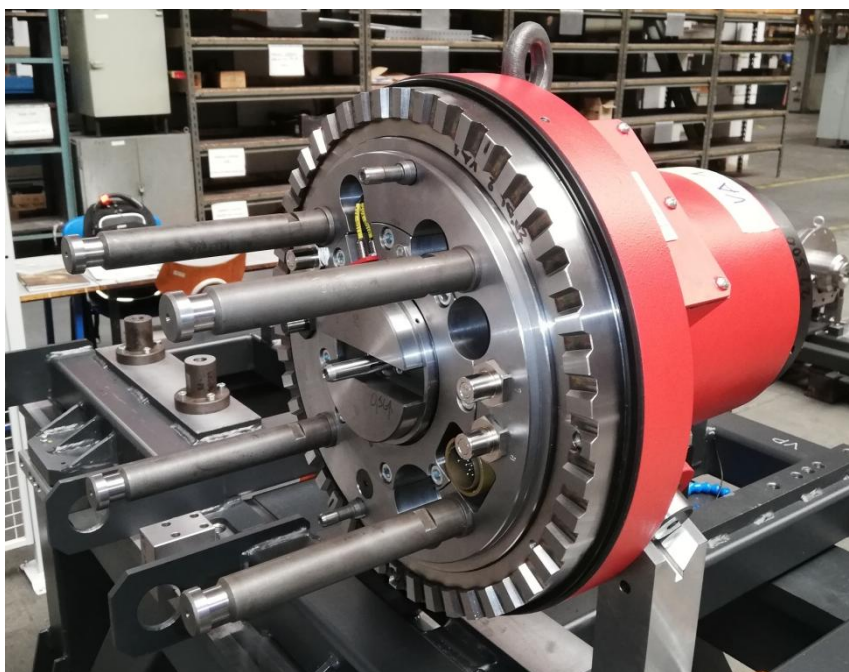
Poté se montuje jedno ložisko NN-K, které se pomocí trubky na natahování ložisek natáhne na kužel, přidá se kroužek a celé se zajistí maticí. Tímto je vřeteno smontované a musí se zkontrolovat jeho házivost. K tomu se používá kontrolní trn, který se upnutý vsune do dutiny vřetene, kde se jeho otáčením měří házivost. Ta je předepsaná, když je vřetenová hlava na stroji, v délce 300 mm na 0,01 mm (příloha 12).

Na řadu přichází montáž táhla upínání. Nejprve se na táhlo musí navléct talířové pružiny, poté se táhlo ustaví v pomůcce pod ruční lis a přes dynamometr se sloupec pružin stlačí na 8 900 N, což je hodnota upínací síly pro nástroj předepsaná na výkrese. Při

dosažení požadovaných hodnot se sloupec pružin zajistí maticí, pod kterou se vloží pojistná podložka. Upínání DIN funguje tak, že talířové pružiny staženy maticí jsou stlačeny hydraulickým pístem, do kterého je přiváděn olej, směrem dolů a to způsobí, že kuličky sklouznou z pouzdra do díry ve vložce a upnutý nástroj se uvolní. Upínání nástroje se provádí obráceným postupem po uvolnění pístu. Na výkresu sestavy je napsáno – upínací mechanismus seřídít na vyřázeční zdvih 0,5 mm. Nástroj je upnutý v kleštinách uvnitř táhla a právě pro možné uvolnění nástroje musí být vyřázeční zdvih správně seřízen. Smontované a seřízené táhlo upínání se namontuje do vřetene a zajistí se kuželovým kolíkem.

Nyní se kompletní vřeteno i s táhlem upínání namontuje do chladicího pouzdra a celé se vloží do tělesa vřetenové hlavy. Dále je připevněn převaděč, příruba (úložisko pro pružiny, které slouží k odaretování a zajištění polohy), píst, zaškrabaná deska, na kterou se přišroubuje ozubený věnec (dělá záběr proti vřeteníku), nakonec je přišroubován válec upínání a unašeč. V průběhu celé montáže se musí přidávat těsnicí prvky. Řez výměnnou vřetenovou hlavou s popisky jednotlivých částí a komponentů se nachází v příloze 13.

Jedinou elektronikou na výměnné vřetenové hlavě jsou bezkontaktní snímače od firmy Balluff CZ s.r.o., které se montují v poslední operaci 07/07. Snímače hlídají polohu nástroje uvolněno/upnuto/bez nástroje (příloha 14). Na snímači je čidlo, které hlídá určitou mezeru, a pokud do mezery zajede nástroj, tak se vypne, a když nástroj vyjede, tak se zapne nebo opačně. Po instalaci bezkontaktních spínačů je montáž hotová (obr. 43), hmotnost výměnné vřetenové hlavy je v tomto stavu 210 kg a v dalším kroku se přejde k záběhu vřetenové hlavy.



Obr. 43 Konečná podoba vřetenové hlavy VA1 po montáži.

Záběh probíhá tak, že se hlava položí na zabíhací stolicí a upne se. Na čelo vřetene se přišroubuje řemenice a přes klínový řemen se připojí pohon. Záběh probíhá dle záběhového programu (příloha 15). Během záběhu nesmí teplota přesáhnout 55 °C (měří se na tělese hlavy), pokud se tak stane, záběh se musí okamžitě přerušit a znovu spustit nejdříve po jedné hodině. V některých případech se připojuje pomocné chlazení, protože

při dlouhodobém zatížení na otáčkách $6\,000\text{ min}^{-1}$ by se vřetenová hlava přehřívala. V případě, že záběh hlavy neproběhne v pořádku, se musí celá vřetenová hlava demontovat a montáž provést znovu. Pokud záběh proběhne v pořádku, vřetenová hlava se předá pracovníkovi kontroly, který změří upínací sílu, házivost a vizuálně zkontroluje hlavu, jestli je v pořádku a nemá poškozený nátěr. Poté se hlava namontuje na stroj a musí se znovu proměřit.

3.5.3 Montáž na stroj

Výměnná vřetenová hlava je mimo stroj uložena na polohovacích čepech ve vozících. Hlava typu VA1 má vřeteno uspořádáno v ose vřeteníku, poháněné od unašeče ve vřeteníku přes vložený hřídel. Tvoří ji litinové těleso, ve kterém jsou mechanismy pro uložení, upevnění, přenos krouticího momentu, otáček a potřebných medií. V horní části nosné desky jsou upevňovací šrouby, polovina rychlospojek a bezkontaktní snímače. Krouticí moment je z náhonu vřeteníku přenášen na vřeteno ozubenou spojkou, ve které je drážka, do níž zapadá unašeč z vřeteníku. Polohu drážky nutnou pro zapojení hlavy zajišťuje aretační čep, který zabraňuje v pootočení zubové spojky a aretuje se v případě odložení hlavy do vozíku.

Vertikálním posuvem v ose Z vřeteník přitáhne pomocí hydraulických upínacích válců výměnnou hlavu, čímž dojde ke spojení. Vlivem upevňovacích šroubů a děr v nosné desce, do kterých zajedou unášecí kameny na vřeteníku, se zabrání rotaci unašeče. Rychlospojky, elektrické zařízení a hydraulika na ofuk se připojí automaticky.

Při následném obrábění musí vzduch neustále ofukovat labyrintové těsnění, aby se dovnitř tělesa vřetenové hlavy nedostala nečistota. Při vniknutí jakékoliv nečistoty či procesní kapaliny dovnitř hlavy by hrozilo vyplavení tuku, následné zadření ložisek a celého stroje. Stejně důležitý je také ofuk dutiny nástroje, který zabraňuje vniknutí odletujících třísek při obrábění.

4 CENOVÉ KALKULACE

Tato kapitola obsahuje orientační cenové kalkulace na výrobu a montáž výměnné vřetenové hlavy VA1. Vstupní náklady lze rozdělit do dvou základních kategorií:

- Přímé vstupní náklady
- Nepřímé vstupní náklady

4.1 Přímé vstupní náklady

Mezi přímé vstupní náklady spadají všechny nakoupené komponenty. Jedná se o samotný odlitek tělesa vřetenové hlavy a dále pak díly vstupující do sestavy při montáži: šrouby (tab. 45), kroužky (tab. 46), ložiska (tab. 47), kolíky (tab. 48), rychlospojky (tab. 49), vložky (tab. 50), matice (tab. 51), příruby (tab. 52), unašeče (tab. 53), tyče (tab. 54), pružiny (tab. 55), čepy (tab. 56), držáky (tab. 57), kryty (tab. 58).

Tab. 45 Ceny šroubů.

Označení	Množství [ks]	Cena/kus [Kč/ks]	Celková cena [Kč]
ČSN 02 1143 M4x16-8.8 ČERNĚNO	4	0,36	1,44
ČSN 02 1143 M5x10-8.8-ČERNĚNO	2	0,40	0,80
ČSN 02 1143 M5x12-8.8 ČERNĚNO	2	0,34	0,68
ČSN 02 1143 M5x16-8.8 ČERNĚNO	6	0,44	2,64
ČSN 02 1143 M5x20-8.8 ČERNĚNO	2	0,39	0,78
ČSN 02 1143 M6x16-8.8 ČERNĚNO	6	0,40	2,40
ČSN 02 1143 M6x20-8.8 ČERNĚNO	4	0,45	1,80
ČSN 02 1143 M10x35-8.8 ČERNĚNO	6	1,72	10,32
ČSN 02 1143 M10x50-8.8 ČERNĚNO	8	2,37	18,96
ČSN 02 1143 M12x60-8.8 ČERNĚNO	12	3,72	44,64
ČSN 02 1143 M6x40-12.9 ČERNĚNO	12	0,93	11,16
ČSN 02 1143 M12x30-12.9 ČERNĚNO	14	3,06	42,84
ČSN 02 1144 M4x10-8.8 ČERNĚNO	2	0,22	0,44
ČSN 02 1147 M5x12-4.8-A3-H	5	0,20	1,00
ČSN 02 1151 M3x8-A3	4	0,15	0,60
ČSN 02 1185 M4x6-14H	4	0,31	1,24
ČSN 02 1185 M4x8-14H	2	0,53	1,06
ČSN 02 1187 M6x8-45H ČERNĚNO	2	0,16	0,32
ČSN 02 1189 M8x12-45H	3	0,37	1,11
ČSN 02 2195 M2x6	4	0,62	2,48
ČSN 02 2195 M2,6x5	4	0,27	1,08
ŠROUB NA UPEVNĚNÍ DO STROJE	4	3 596,00	14 384,00
Součet	112	-	14 531,79

Všechny klasické šrouby jsou koupené od firmy BUFAB CZ, s.r.o., jejíž pobočka se nachází v Brně. Čtyři poslední šrouby v tabulce slouží pro upevnění vřetenové hlavy do

stroje a jsou vyráběny firmou Prokeš-kovo s.r.o. Celková cena všech 112 šroubů figurujících v sestavě vřetenové hlavy činí 14 531,79 Kč.

Tab. 46 Ceny kroužků.

Označení	Množství [ks]	Cena/kus [Kč/ks]	Celková cena [Kč]
ORIA 00600-N70	1	0,77	0,77
ORIA 00630-N70 6,30x1,8	9	1,29	11,61
ORIA 00800-N70 8x1,8	1	0,51	0,51
ORIA 00850-N70 8,5x1,8	9	1,54	13,86
ORAR 00162-N70	1	8,46	8,46
ORAR 00134 47,29x2,62	2	8,46	16,92
ORAR 00167 177,47x2,62	4	33,30	133,20
QRAR 04248-N7004	1	97,98	97,98
QRAR 04255-N7004	1	150,77	150,77
BG 32L 1200-BT00	1	152,30	152,30
BG 32L 1438-BT00	1	200,76	200,76
TĚSNÍČÍ MERKEL V-400L	1	1 005,02	1 005,02
LAMEL. FEY FK6 ASD 130/5,5/1,96	2	496,71	993,42
DISTANČNÍ	1	990,00	990,00
DISTANČNÍ	1	1 080,00	1 080,00
DISTANČNÍ	1	1 438,00	1 438,00
DISTANČNÍ	1	1 185,00	1 185,00
KROUŽEK	1	914,00	914,00
KROUŽEK	1	900,00	900,00
KROUŽEK	1	935,00	935,00
KROUŽEK	1	1 846,00	1 846,00
KROUŽEK	1	1 113,00	1 113,00
KROUŽEK	1	1 142,60	1 142,60
KROUŽEK	1	1 177,52	1 177,52
KROUŽEK OFUKU	1	3 242,00	3 242,00
Součet	46	-	18 748,70

Celkem 46 kroužků se nakoupí za 18 748,70 Kč. Kromě lamelových kroužků jsou všechny dodány firmou DIMER, spol. s.r.o., lamelové kroužky se nakupují od společnosti VS-TRADING, spol. s.r.o.

Tab. 47 Ceny ložisek.

Označení	Množství [ks]	Cena/kus [Kč/ks]	Celková cena [Kč]
INA B 7020-C-T-P4S-QBCM	4	2 846,39	35 385,56
FAG NN 3018 ASK.M.SP	1	9 070,00	9 070,00
Součet	5	-	44 455,56

Cena pěti ložisek, které jsou pořízeny od firmy UNIKOL CZ, s.r.o. činí 44 455,56 Kč.

Tab. 48 Ceny kolíků.

Označení	Množství [ks]	Cena/kus [Kč/ks]	Celková cena [Kč]
VÁLCOVÝ ČSN 02 2151 6x16	1	32,71	32,71
VÁLCOVÝ ČSN 02 2151 10x70	1	12,90	12,90
KUŽELOVÝ ČSN 02 2155 6x24	3	5,80	17,40
KUŽELOVÝ ČSN 02 2155 6x30	1	7,53	7,53
KUŽELOVÝ ČSN 02 2155 8x60	1	14,68	14,68
KUŽELOVÝ ČSN 02 2155 8x70	3	22,06	66,18
KUŽELOVÝ ČSN 02 2155 10x70	2	16,95	33,90
UCPÁVKOVÝ ČSN 02 2180 6x6	20	7,22	144,40
UCPÁVKOVÝ ČSN 02 2180 8x8	17	9,53	162,01
Součet	49	-	491,71

Dodavatelem všech kolíků je firma BUFAB CZ, s.r.o. Výsledná vřetenová hlava obsahuje 49 válcových, kuželových a ucpávkových kolíků, jejichž cena je 491,71 Kč.

Tab. 49 Ceny rychlospojek.

Označení	Množství [ks]	Cena/kus [Kč/ks]	Celková cena [Kč]
DN6 10 925 6552	3	2 132,00	6 396,00
DN8 10 944 6554	3	2 235,00	6 705,00
Součet	6	-	13 101,00

Rychlospojky dodává Horava spol. s.r.o. a jejich cena činí 13 101,00 Kč.

Tab. 50 Ceny vložek.

Označení	Množství [ks]	Cena/kus [Kč/ks]	Celková cena [Kč]
VLOŽKA	1	5 201,00	5 201,00
VLOŽKA	3	1 515,47	4 546,41
Součet	4	-	9 747,41

Cena vložek od firmy VUVL a.s. činí 9 747,41 Kč.

Tab. 51 Ceny matic.

Označení	Množství [ks]	Cena/kus [Kč/ks]	Celková cena [Kč]
UPÍNACÍ SKF KMTA 20 M100x2	1	2 326,00	2 326,00
MATICE	1	6 210,00	6 210,00
MATICE	1	1 460,00	1 460,00
MATICE	1	1 500,00	1 500,00
Součet	4	-	11 496,00

Matice jsou od dvou různých dodavatelů. Prvním je DAVAZ, spol. s.r.o. a druhým VUVL a.s. Celková cena matic činí 11 496,00 Kč.

Tab. 52 Ceny přírub.

Označení	Množství [ks]	Cena/kus [Kč/ks]	Celková cena [Kč]
PŘÍRUBA	1	11 490,00	11 490,00
PŘÍRUBA	1	11 838,00	11 838,00
Součet	2	-	23 328,00

Dvě příruby stojí 23 328,00 Kč a jsou dodávány firmou MODIKOV, s.r.o.

Tab. 53 Ceny unašečů.

Označení	Množství [ks]	Cena/kus [Kč/ks]	Celková cena [Kč]
UNAŠEČ	1	19 953,00	19 953,00
UNAŠEČ	2	2 015,00	4 030,00
Součet	3	-	23 983,00

Dražší unašeč je od firmy VUVL a.s. a dva levnější od společnosti TiS s.r.o. Celková cena činí 23 983,00 Kč.

Tab. 54 Ceny tyčí.

Označení	Množství [kg]	Cena/kus [Kč/kg]	Celková cena [Kč]
VÁLCOVANÁ 240 ČSN 12 050.1	86,265	32,50	2 027,23
VÁLCOVANÁ 240 ČSN 14 220.3	14,555	27,14	395,02
Součet	100,82	-	2 422,25

Z firmy Bohdan Bolzano, s.r.o. jsou dodávány dvě tyče o celkové ceně 2 422,25 Kč.

Tab. 55 Ceny pružin.

Označení	Množství [ks]	Cena/kus [Kč/ks]	Celková cena [Kč]
TLAČNÁ ČSN 02 6020 1,4x9,4x51x17	1	40,61	40,61
TLAČNÁ ČSN 02 6020 2x14,5x24x6,5	1	51,11	51,11
TLAČNÁ ČSN 02 6020 2x14,5x71x17,5	19	9,35	177,65
TALÍŘOVÁ ČSN 02 6063 50x25,4x2,5	46	13,06	600,76
Součet	67	-	870,13

Tlačné pružiny jsou dodávány firmou Pružinárna Sečkař a pružina talířová je od společnosti BUFAB CZ, s.r.o. Celkově se v sestavě nachází 67 pružin o výsledné ceně 870,13 Kč.

Tab. 56 Ceny čepů.

Označení	Množství [ks]	Cena/kus [Kč/ks]	Celková cena [Kč]
ČEP	1	1 370,00	1 370,00
ČEP	2	1 345,00	2 690,00
ČEP	3	1 100,00	3 300,00
Součet	6	-	7 360,00

Tři čepy od firmy Kovo – Zaplatil, s.r.o. a tři od REONTECH CZ s.r.o. dohromady stojí 7 360,00 Kč.

Tab. 57 Ceny držáků.

Označení	Množství [ks]	Cena/kus [Kč/ks]	Celková cena [Kč]
DRŽÁK	1	155,00	155,00
DRŽÁK	1	180,00	180,00
DRŽÁK	1	210,00	210,00
DRŽÁK	1	600,00	600,00
Součet	4	-	1 145,00

Výsledná cena držáků je 1 145,00 Kč. Jeden je dodaný firmou Prokeš-kovo s.r.o. a tři společnostmi Dendera a.s.

Tab. 58 Ceny krytů.

Označení	Množství [ks]	Cena/kus [Kč/ks]	Celková cena [Kč]
KRYT	1	173,00	173,00
KRYT	1	500,00	500,00
Součet	2	-	673,00

Cena dvou krytů od firmy REONTECH CZ s.r.o. je 673,00 Kč.

Firma Jiří Štěrba – KOVO, ELEKTRO dodává 3 štítky. První má označení 63 PN 000055 (37,39 Kč/ks) a další dva 52 PN 000034 (36,94 Kč/ks). Celková cena činí 111,27 Kč.

Tři ohebné plastové hadice 14x12-17 (99,33 Kč/ks) od firmy REONTECH s.r.o. s výslednou cenou 297,99 Kč se použijí na tři hrdla M10x1 138720.11 od stejné firmy a ceně 77,13 Kč.

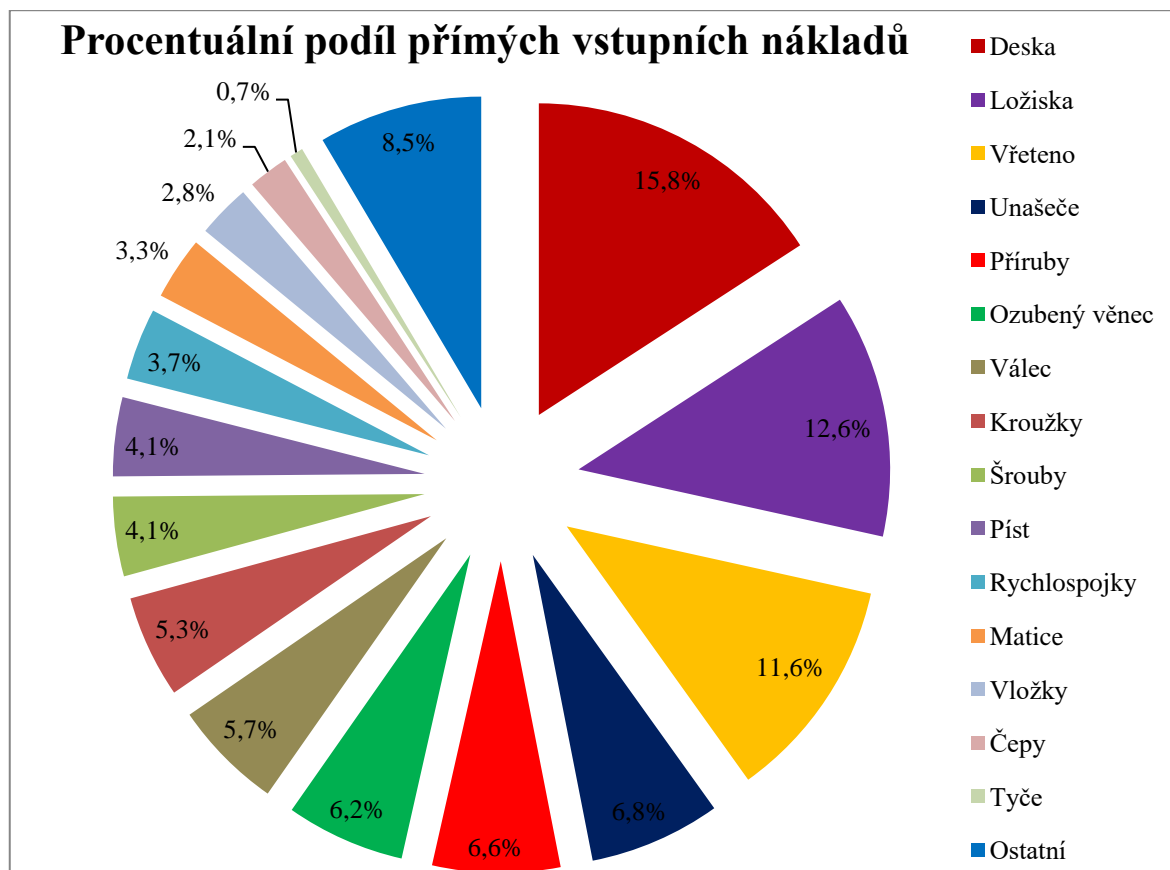
Firma MODIKOV, s.r.o. dodává píst v hodnotě 14 410,00 Kč a převaděč za cenu 6 000,00 Kč.

Tyč (2 204,00 Kč) a táhlo (3 711,80 Kč) jsou od společnosti Kovo – Zaplatil, s.r.o.

Další jednopoložkové komponenty, u kterých není zveřejněn dodavatel: pojistná podložka MB 5 – 2,00 Kč, šest kuliček 7/16 palce – 8,28 Kč, gufero 25x35x7 – 12,13 Kč, narážka – 120,00 Kč, čtyři podložky v celkové ceně 912,00 Kč, pouzdro – 4 300,00 Kč, kleština – 4 600,00 Kč, válec – 15 078,00 Kč, ozubený věnec – 16 740,00 Kč, vřeten – 41 000,00 Kč a deska – 56 750,00 Kč. Cena odlitku tělesa vřetenové hlavy je 4 400,00 Kč.

Součet všech těchto položek činí **352 088,15 Kč**.

Procentuální vyjádření vybraných komponentů se nachází v grafu 1. Kolonku „Ostatní“ tvoří součástky, které nejsou tak drahé (pružiny, kolíky, držáky nebo kryty). Procenta jsou vypočítána z výsledné částky přímých vstupních nákladů.



Graf 1 Procentuální vyjádření přímých vstupních nákladů.

4.2 Nepřímé vstupní náklady

Mezi nepřímé vstupní náklady patří vyčíslení cen za jednotlivé obráběcí operace probíhající během celého výrobního procesu, jednotlivé montážní operace, kterými se docílí sestavení výměnné vřetenové hlavy VA1 a dvě součásti vyráběné přímo firmou TOS KUŘIM – OS, a.s.

Firmou je poskytnuta hodinová sazba za jednotlivé operace, ta zahrnuje mzdu zaměstnance, spotřebovanou energii a opotřebení stroje. Ceny konkrétních operací jsou stanoveny dle pořadí v technologickém postupu. Výsledná cena operace N_{Vx} se vyčíslí dle vztahu (4.1).

$$N_{Vx} = S_{hx} \cdot \frac{t_{px} + t_{sx}}{60} [Kč], \quad (4.1)$$

kde: N_{Vx} – výrobní náklady v dané operaci [Kč]

S_{hx} – hodinová sazba v dané operaci [$Kč \cdot hod^{-1}$]

t_{px} – čas přípravy v dané operaci [min]

t_{sx} – čas práce v dané operaci [min]

- Operace 04/13 – rýsování

Hodinová sazba v této operaci je 755,00 Kč/hod, čas přípravy činí 24 minut a pracovní čas 73 minut. Celková cena:

$$N_{V4} = S_{h4} \cdot \frac{t_{p4} + t_{s4}}{60} = 755 \cdot \frac{24 + 73}{60} = 1\,220,60 \text{ Kč}$$

Celková cena za operaci 04/13 – rýsování je 1 220,60 Kč.

- Operace 05/13 – soustružení

Hodinová sazba v této operaci je 825,00 Kč/hod, čas přípravy činí 37 minut a pracovní čas 178 minut. Celková cena:

$$N_{V5} = S_{h5} \cdot \frac{t_{p5} + t_{s5}}{60} = 825 \cdot \frac{37 + 178}{60} = 2\,956,30 \text{ Kč}$$

Celková cena za operaci 05/13 – soustružení je 2 956,30 Kč.

- Operace 06/13 – vyvrtávání

Hodinová sazba v této operaci je 825,00 Kč/hod, čas přípravy činí 22 minut a pracovní čas 113 minut. Celková cena:

$$N_{V6} = S_{h6} \cdot \frac{t_{p6} + t_{s6}}{60} = 825 \cdot \frac{22 + 113}{60} = 1\,856,30 \text{ Kč}$$

Celková cena za operaci 06/13 – vyvrtávání je 1 856,30 Kč.

- Operace 07/13 – frézování

Hodinová sazba v této operaci je 1 945,00 Kč/hod, čas přípravy činí 38 minut a pracovní čas 117 minut. Celková cena:

$$N_{V7} = S_{h7} \cdot \frac{t_{p7} + t_{s7}}{60} = 1945 \cdot \frac{38 + 117}{60} = 5\,024,60 \text{ Kč}$$

Celková cena za operaci 07/13 – frézování je 5 024,60 Kč.

- Operace 08/13 – vrtání

Hodinová sazba v této operaci je 825,00 Kč/hod, čas přípravy činí 10 minut a pracovní čas 12,2 minut. Celková cena:

$$N_{V8} = S_{h8} \cdot \frac{t_{p8} + t_{s8}}{60} = 825 \cdot \frac{10 + 12,2}{60} = 305,30 \text{ Kč}$$

Celková cena za operaci 08/13 – vrtání je 305,30 Kč.

- Operace 09/13 – vyvrtávání

Hodinová sazba v této operaci je 1170,00 Kč/hod, čas přípravy činí 122 minut a pracovní čas 713 minut. Celková cena:

$$N_{V9} = S_{h9} \cdot \frac{t_{p9} + t_{s9}}{60} = 1170 \cdot \frac{122 + 713}{60} = 16\,282,50 \text{ Kč}$$

Celková cena za operaci 09/13 – vyvrtávání je 16 282,50 Kč.

- Operace 10/13 – zámečnick

Hodinová sazba v této operaci je 755,00 Kč/hod, čas přípravy činí 8 minut a pracovní čas 37 minut. Celková cena:

$$N_{V10} = S_{h10} \cdot \frac{t_{p10} + t_{s10}}{60} = 755 \cdot \frac{8 + 37}{60} = 566,30 \text{ Kč}$$

Celková cena za operaci 10/13 – zámečnick je 566,30 Kč.

- Operace 11/13 – montáž

Hodinová sazba v této operaci je 460,00 Kč/hod, pracovní čas včetně přípravy je 240 minut. Celková cena:

$$N_{V11} = S_{h11} \cdot \frac{t_{p11} + t_{s11}}{60} = 460 \cdot \frac{240}{60} = 1\,840,00 \text{ Kč}$$

Celková cena za operaci 11/13 – montáž je 1 840,00 Kč.

- Operace 12/13 – frézování

Hodinová sazba v této operaci je 1170,00 Kč/hod, čas přípravy činí 35 minut a pracovní čas 130 minut. Celková cena:

$$N_{V12} = S_{h12} \cdot \frac{t_{p12} + t_{s12}}{60} = 1170 \cdot \frac{35 + 130}{60} = 3\,217,50 \text{ Kč}$$

Celková cena za operaci 12/13 – frézování je 3 217,50 Kč.

Vyčíslené ceny jednotlivých operací, které probíhají během výroby součásti, se sečtou dle vztahu (4.2) a tím se stanoví výsledná cena obráběcího procesu N_{VC} .

$$N_{VC} = \sum_{x=4}^{12} N_{Vx}, \quad (4.2)$$

kde: N_{VC} – celkové výrobní náklady [Kč]

$$N_{VC} = \sum_{x=4}^{12} N_{Vx} = N_{V4} + N_{V5} + N_{V6} + N_{V7} + N_{V8} + N_{V9} + N_{V10} + N_{V11} + N_{V12} = \\ 1\,220,60 + 2\,956,30 + 1\,856,30 + 5\,024,60 + 305,30 + 16\,282,50 + 566,30 + \\ 1\,840,00 + 3\,217,50 = 33\,269,40 \text{ Kč}$$

Celková cena obráběcího procesu činí 33 269,40 Kč.

Pomocí montážního postupu, který se nachází v tab. 44, se vyčíslí nepřímé vstupní náklady na montáž. Výsledná cena jednotlivé operace N_{Mx} se stanoví dle vztahu (4.3).

$$N_{Mx} = S_{hx} \cdot \frac{t_{px} + t_{sx}}{60} [\text{Kč}], \quad (4.3)$$

kde: N_{Mx} – montážní náklady v dané operaci [Kč]

- Operace 01/07 – natírání

Hodinová sazba v této operaci je 700,00 Kč/hod, pracovní čas včetně přípravy je 145 minut. Celková cena:

$$N_{M1} = S_{h1} \cdot \frac{t_{p1} + t_{s1}}{60} = 700 \cdot \frac{145}{60} = 1\,691,70 \text{ Kč}$$

Celková cena za operaci 01/07 – natírání je 1 691,70 Kč.

- Operace 02/07 – zaškrabání

Hodinová sazba v této operaci je 755,00 Kč/hod, pracovní čas včetně přípravy je 240 minut. Celková cena:

$$N_{M2} = S_{h2} \cdot \frac{t_{p2} + t_{s2}}{60} = 755 \cdot \frac{240}{60} = 3\,020,00 \text{ Kč}$$

Celková cena za operaci 02/07 – zaškrabání je 3 020,00 Kč.

- Operace 03/07 – úprava dílů

Hodinová sazba v této operaci je 720,00 Kč/hod, pracovní čas včetně přípravy je 90 minut. Celková cena:

$$N_{M3} = S_{h3} \cdot \frac{t_{p3} + t_{s3}}{60} = 720 \cdot \frac{90}{60} = 1\,080,00 \text{ Kč}$$

Celková cena za operaci 03/07 – úprava dílů je 1 080,00 Kč.

- Operace 04/07 – odtlakování

Hodinová sazba v této operaci je 755,00 Kč/hod, pracovní čas včetně přípravy je 300 minut. Celková cena:

$$N_{M4} = S_{h4} \cdot \frac{t_{p4} + t_{s4}}{60} = 755 \cdot \frac{300}{60} = 3\,775,00 \text{ Kč}$$

Celková cena za operaci 04/07 – odtlakování je 3 775,00 Kč.

- Operace 05/07 – lícování

Hodinová sazba v této operaci je 755,00 Kč/hod, pracovní čas včetně přípravy je 240 minut. Celková cena:

$$N_{M5} = S_{h5} \cdot \frac{t_{p5} + t_{s5}}{60} = 755 \cdot \frac{240}{60} = 3\,020,00 \text{ Kč}$$

Celková cena za operaci 05/07 – lícování je 3 020,00 Kč.

- Operace 06/07 – zámečnick

Hodinová sazba v této operaci je 755,00 Kč/hod, pracovní čas včetně přípravy je 2 460 minut. Celková cena:

$$N_{M6} = S_{h6} \cdot \frac{t_{p6} + t_{s6}}{60} = 755 \cdot \frac{2460}{60} = 30\,955,00 \text{ Kč}$$

Celková cena za operaci 06/07 – zámečnick je 30 955,00 Kč.

- Operace 07/07 – elektrické zapojení

Hodinová sazba v této operaci je 320,00 Kč/hod, pracovní čas včetně přípravy je 360 minut. Celková cena:

$$N_{M7} = S_{h7} \cdot \frac{t_{p7} + t_{s7}}{60} = 320 \cdot \frac{360}{60} = 1\,920,00 \text{ Kč}$$

Celková cena za operaci 07/07 – elektrické zapojení je 1 920,00 Kč.

Vyčíslené ceny jednotlivých operací, které probíhají během montáže součásti, se sečtou dle vztahu (4.4) a tím se stanoví výsledná cena montážního procesu N_{MC} .

$$N_{MC} = \sum_{x=1}^7 N_{Mx}, \quad (4.4)$$

kde: N_{MC} – celkové montážní náklady [Kč]

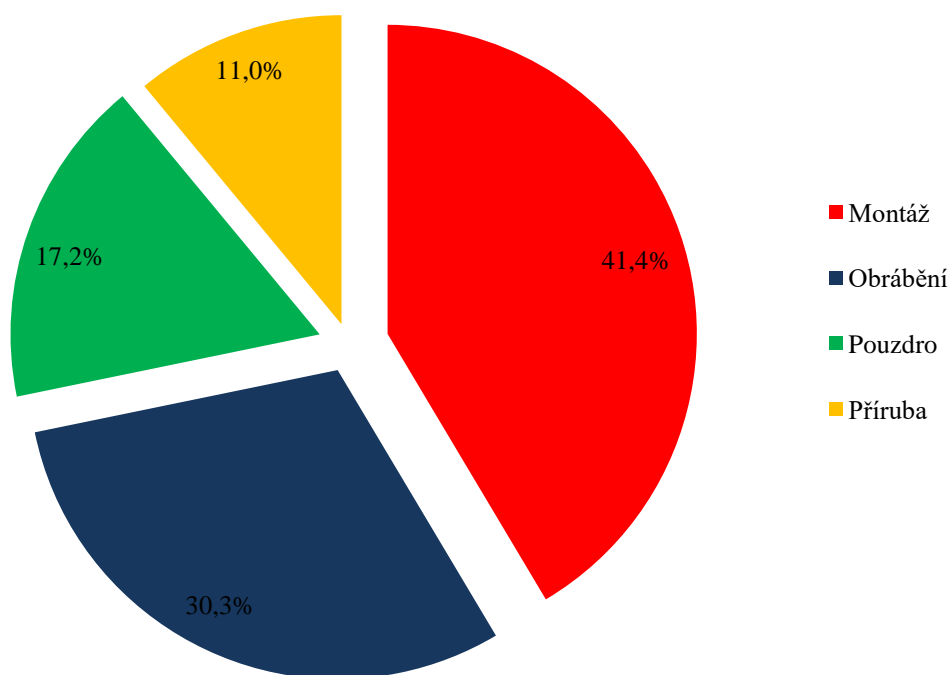
$$N_{MC} = \sum_{x=1}^7 N_{Mx} = N_{M1} + N_{M2} + N_{M3} + N_{M4} + N_{M5} + N_{M6} + N_{M7} = 1\,691,70 + 3\,020,00 + 1\,080,00 + 3\,755,00 + 3\,020,00 + 30\,955,00 + 1\,920,00 = 45\,461,70 \text{ Kč}$$

Celková cena montáže činí 45 461,70 Kč.

Mezi vyráběné komponenty přímo ve firmě patří příruba a pouzdro. Cena výroby příruby činí 12 075,52 Kč a pouzdra 18 889,81 Kč.

Do celkové hodnoty nepřímých vstupních nákladů tedy patří třískové obrábění odlitku, výroba příruby a pouzdra a montáž všech komponentů do výsledné výměnné vřetenové hlavy VA1. A ta po součtu těchto položek činí 109 696,43 Kč.

Procentuální podíl nepřímých vstupních nákladů



Graf 2 Procentuální vyjádření nepřímých vstupních nákladů.

Celková cenová kalkulace na výrobu a montáž výměnné vřetenové hlavy VA1 zahrnuje přímé vstupní náklady (**352 088,15 Kč**) a nepřímé vstupní náklady (**109 696,43 Kč**). Po sečtení těchto dvou položek je její hodnota **461 784,58 Kč**.

Poznámka: Ceny nástrojů a vyměnitelných břitových destiček nejsou započítány do celkových nákladů na výrobu výměnné vřetenové hlavy VA1, protože z technologického postupu jsou známy pouze celkové časy kompletních operací, nikoliv jednotlivých úkonů. Tudíž nelze zjistit, jak dlouho jsou jednotlivé VBD či nástroje v záběru. Pro představu je přiložena tab. 59, ve které ceny jednotlivých nástrojů a VBD figurují.

Vysoké ceny soustružnických nožů, fréz a především vyvrtávaček by se do nákladů nezahrnovaly, jelikož se jedná o nástroje, které vydrží mnoho let. Ceny VBD, vrtáků, závitníků a dalších jsou zase pro změnu velmi nízké a při celkové výrobní ceně výměnné vřetenové hlavy VA1 i zanedbatelné.

Tab. 59 Ceny jednotlivých nástrojů a VBD [23-36].

Číslo nástroje	Nástroj + cena [Kč]	Číslo nástroje	Nástroj + cena [Kč]
1	Soustružnický nůž: 3 085,5 VBD: 617,1	16	Výhrubník: 477,95
2	Soustružnický nůž: 2 292,95 VBD: 250,47	17	Výstružník: 463,43
3	Soustružnický nůž: 390,83	18	Vyvrtávačka: 68 485,2 VBD: 317,8
4	Fréza: 19 831,9 6x VBD: 336,38	19	Fréza: 9 702,2 3x VBD: 444,2
5	Fréza: 5 971,35 2x VBD: 390,83	20	Vyvrtávačka: 84 874,8 VBD: 317,8
6	Vrták: 231,72	21	Fréza: 33 031,8 11x VBD: 286,6
7	Vrták: 225,06	22	Vrták: 13,43
8	Vrták: 70,18	23	Závitník: 281,93
9	Závitník: 523,93	24	Vrták: 417,69
10	Záhlubník: 694,54	25	Záhlubník: 1 481,04
11	Vrták: 14,16	26	Závitník: 1 378,19
12	Vrták: 28,44	27	Fréza: 4 326,96
13	Závitník: 447,7	28	Vrták: 34,61
14	Záhlubník: 1462,89	29	Výhrubník: 475,53
15	Fréza: 908,71	30	Výstružník: 423,5

5 NÁVRHY NA UPŘESNĚNÍ SMĚŘUJÍCÍ KE ZLEPŠENÍ VÝROBY

Téměř každý výrobní postup skrývá drobné či větší nedostatky, které zvyšují náklady na výrobu dané součásti. U sériové výroby je nutné se na tyto nedostatky zaměřit a odstranit je, protože následné úspory mohou být vysoké. Ovšem v kusové výrobě se na menší nedostatky nebere takový zřetel, jelikož se při malém počtu vyráběných kusů nevyplatí provádět časově náročné a nákladné změny. V tomto případě se jedná o kusovou výrobu, ale přesto jsou zde nějaké návrhy na změny v technologickém postupu.

Při pohledu na použité stroje a roky jejich výroby stojí za zamyšlení obnova strojového parku. Určitě lze navrhnout nový CNC obráběcí stroj, ale otázkou je, jaké by bylo jeho využití a návratnost.

Tento návrh se netýká změny výroby, ale pouze ekonomického hlediska. U některých komponentů vstupujících do sestavy vřetenové hlavy jsou vysoké pořizovací ceny (vřeteno cca 41 000,00 Kč, deska cca 57 000,00 Kč), a proto stojí za zkoušku najít levnější dodavatele. Na druhou stranu, u těchto dvou součástí jsou kladeny vysoké nároky na rovinnost, respektive házivost, proto se nesmí upřednostnit cena nad kvalitou.

5.1 Návrhy na změny v technologickém postupu

5.1.1 Sloučení operace vrtání s operací frézování

Během operace 08/13 – vrtání (tab. 8) je těleso hlavy upnuto za $\varnothing 428^{+0,5}$ mm. Nejprve je vrtáno 12 děr včetně sražení hran a poté jedna díra včetně sražení hrany, vyhrubování a vystružení.

Navrhovaná úprava spočívá ve sloučení operace 08/13 – vrtání s předchozí operací 07/13 – frézování. V poloze 2, v předchozí operaci 07/13 – frézování, je součást upnuta také za $\varnothing 428^{+0,5}$ mm, a proto by se nemusela součást odepínat, přemisťovat a upínat na další stroj, ale provést tyto úkony na frézce, čímž by se ušetřil čas manipulace. Nevýhodou této změny by bylo, že hodinová sazba v operaci 07/13 je $1\,945\text{ Kč}\cdot\text{hod}^{-1}$, oproti $825\text{ Kč}\cdot\text{hod}^{-1}$ v operaci 08/13. Nástroje na obrábění zůstanou ty, které jsou v technologickém postupu.

5.1.2 Částečné sloučení operace frézování s operací vrtání

Oproti předchozí variantě, kde by došlo k úplnému odstranění operace 08/13 – vrtání, je tento návrh opačný. Následovalo by přemístění některých úkonů z operace 07/13 do operace 08/13. Konkrétní úkony jsou: „frézovat 12x $\varnothing 13/\varnothing 20$ na $\varnothing 13\pm 0,2$ (P), srazit s ohledem na přídavek“, „frézovat $\varnothing 20/\varnothing 12H6$ na $\varnothing 10,8$ (C-C)“, „frézovat 6x M12 – 6H včetně závitu do hloubky 25 (P), srazit s ohledem na přídavek“ a „frézovat 6x M10 – 6H včetně závitu do hloubky 22 (R), srazit s ohledem na přídavek“. Zde by došlo ke snížení ceny výroby, protože hodinová sazba je v operaci 08/13 o 1 120 Kč menší oproti operaci 07/13. Nástroje zůstanou stejné, jako v technologickém postupu (tab. 8).

5.1.3 Částečné sloučení operací vyvrtávání

Při frézování okna v operaci 06/13 – vyvrtávání je součást upnuta za $\varnothing 428^{+0,5}$ mm. Použity jsou postupně dva nástroje (nástroj 4, nástroj 5). V operaci 09/13 – vyvrtávání je nástroj 4 použitý také, a proto by zde mohlo dojít ke změně v technologickém postupu.

Možné řešení spočívá v přesunutí čtyř po sobě jdoucích úkonů („frézovat 3x nálitek na kótu $184^{+0,2}$ “, „frézovat 5x M5 – 6H včetně závitu do hloubky 10 (A-A)“, „frézovat

3x M20 – 6H včetně závitů do hloubky 26 (B-B)“ a „frézovat 3x Ø 50H6 včetně čela do hloubky 5 (B-B)“ v operaci 09/13 do operace 06/13. A to mezi úkony „frézovat plochu okna na kótu $172 \pm 0,5$ a kótu $46 \pm 0,3$ na 47“ a „frézovat okno 55x120/R10 hotově, kóta $51 \pm 0,3$ na 52“. Zde by došlo ke snížení ceny výroby, protože hodinová sazba je v operaci 06/13 o 345 Kč menší oproti operaci 09/13. Ke změně nástrojů nedojde, zůstanou ty, které jsou v technologickém postupu.

5.2 Návrh nového CNC obráběcího stroje

Jak bylo zmíněno v kapitole 5, stroje používané na obrábění vřetenové hlavy nepatří mezi nejmladší. Jsou vyrobené před dvaceti a více roky. To sice neznamená, že jsou nevhodné pro výrobu součástí, nicméně moderní obráběcí stroje pracují efektivněji. Proto je zde předložen návrh na koupi nového CNC obráběcího stroje (obr. 44). Jedná se o pětiosé CNC obráběcí centrum od firmy ATOL s.r.o. vyrobené v roce 2017. Řídicí systém může být buď Siemens nebo Fanuc. Rozsah os X/Y/Z je 1 500/800/700 mm. Rychloposuv v ose X a Y je $20\,000\text{ mm}\cdot\text{min}^{-1}$ a v ose Z $15\,000\text{ mm}\cdot\text{min}^{-1}$. Upínací plocha stolu je 1 700 x 800 mm. Maximální krouticí moment vřetene je 1 200 Nm a maximální otáčky vřetene $6\,000\text{ min}^{-1}$. Výkon hlavního pohonu je 15 kW a maximální zatížení stolu je $1\,500\text{ kg}\cdot\text{m}^{-1}$. Hmotnost stroje je 15 000 kg a jeho rozměry (délka x šířka x výška) činí 3 569 x 3 055 x 4 100. Základní pořizovací cena stroje je 2 570 000,00 Kč a otázkou je, jaké by bylo jeho další využití a vytížení ve firmě, jelikož se v tomto případě jedná o kusovou výrobu.



Obr. 44 CNC obráběcí centrum AXH 718 [37].

6 EXPERIMENTÁLNÍ OBRÁBĚNÍ PRO OVĚŘENÍ ŘEŠENÝCH PARAMETRŮ VČETNĚ MONTÁŽE

Z důvodu kusové výroby, vyráběny 2–3 vřetenové hlavy měsíčně, a změně situace ve firmě, ke které od vystavení zadání došlo, nebylo možné provést experimentální obrábění v zamýšleném rozsahu.

Experiment by probíhal tak, že by se těleso výměnné vřetenové hlavy obrábělo podle upraveného technologického postupu (3 návrhy – kapitoly 5.1.1, 5.1.2 a 5.1.3). Tím by se ověřilo, jestli dané návrhy vedou k úsporám jak časovým, tak ekonomickým nebo zdali jsou irelevantní.

Pokud by se firma rozhodla pro koupi nového pětiosého CNC obráběcího centra, tak se změnový proces projeví nejdříve za jeden rok.

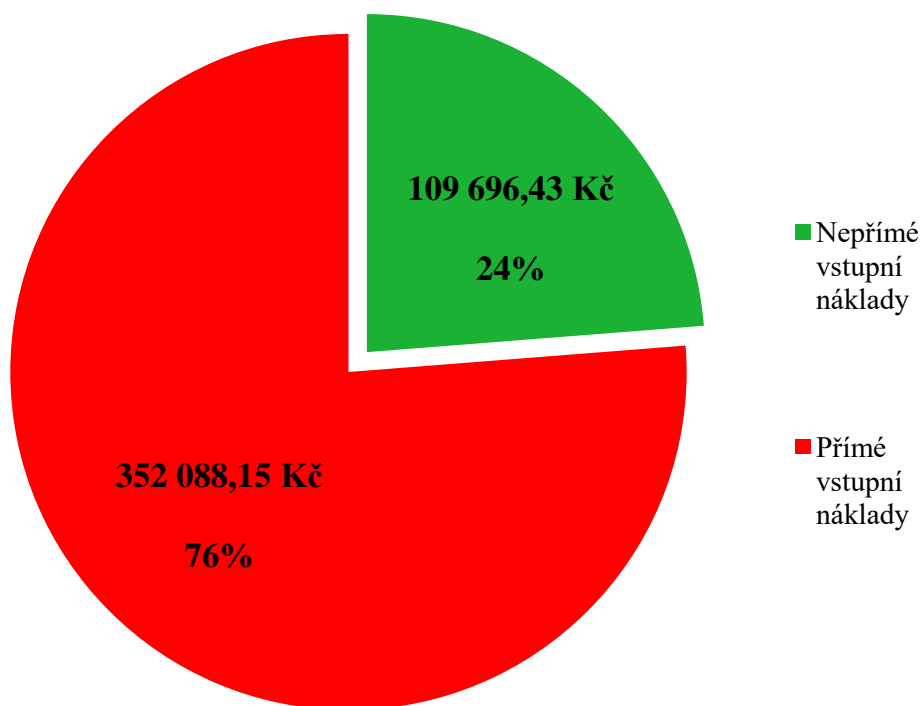
7 TECHNICKO-EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ

Vzhledem k okolnostem, kvůli kterým se nemohl experiment uskutečnit, a tudíž nemohlo dojít k jeho ověření, zde nejsou zobrazeny časové a ekonomické úspory návrhů na změny v technologickém procesu. A proto jsou v této kapitole převzaty zjištěné výsledné hodnoty přímých a nepřímých vstupních nákladů z kapitoly 4 a následně jsou graficky vyjádřeny pro lepší orientaci:

- přímé vstupní náklady = 352 088,15 Kč,
- nepřímé vstupní náklady = 109 696,43 Kč.

Po sečtení přímých a nepřímých vstupních nákladů činí výsledná hodnota na výrobu kompletní výměnné vřetenové hlavy VA1 **461 784,58 Kč**.

Procentuální a číselné vyjádření přímých a nepřímých vstupních nákladů



Graf 3 Procentuální a časové vyjádření přímých a nepřímých vstupních nákladů.

ZÁVĚR

V této diplomové práci je podrobně analyzován výrobní proces tělesa výměnné vřetenové hlavy s označením VA1 z produktového portfolia firmy TOS KUŘIM – OS, a.s. Jedná se o kusovou výrobu součástí. Následně je popsána celková montáž výměnné vřetenové hlavy včetně montáže na stroj.

- Obráběcí proces výměnné vřetenové hlavy je časově velice náročný. Obrobení tělesa hlavy trvá 1 909,2 min. Větší část, 84,49 % (1 613,2 min.), představuje čas práce. Čas přípravy tvoří zbylých 15,51 % (296 min.).
- Montážní proces trvá 3 835 min. Největší podíl na celkovém sestavení výměnné vřetenové hlavy zaujímá kompletace a montáž hlavy – 64,2 % (2 460 min.).
- Celkové výrobní náklady výměnné vřetenové hlavy jsou 461 784,58 Kč. Z celkové částky tvoří 76 % přímé vstupní náklady (352 088,15 Kč) a zbylých 24 % představují nepřímé vstupní náklady (109 696,43 Kč).
- Byly navrženy tři změny v technologickém postupu, které by mohly vést k úsporám času a snížení nákladů na výrobu.
- Návrh nového pětiosého CNC obráběcího centra.

Jedním z cílů diplomové práce bylo experimentální obrábění pro ověření navržených změn v technologickém procesu. Vzhledem ke změně situace ve firmě, která od vystavení zadání nastala, nebylo možné provést experimentální obrábění v zamýšleném rozsahu.

Návrhy směřující ke zlepšení výroby byly předloženy ve firmě a nabídnuty k možné realizaci. Pokud by se firma rozhodla pro koupi nového navrženého pětiosého CNC obráběcího centra, změnový proces se projeví nejdříve za jeden rok.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. TOS Kuřim – OS, a.s. *Profil společnosti* [online]. [cit. 2019-02-11]. Dostupné z: <http://www.tos-kurim.cz/cz/o-nas>
2. Svaz strojírenské technologie. *TOS Kuřim – OS, a.s.* [online]. [cit. 2019-02-11]. Dostupné z: <http://www.sst.cz/cs/clenove/63-tos-cz#t>
3. Technický týdeník, Business Media CZ, s.r.o. *TOS Kuřim – historie a současnost (I)* [online]. 2006 [cit. 2019-02-11]. Dostupné z: https://www.technickytydenik.cz/rubriky/archiv/tos-kurim-historie-a-soucasnost-i_15833.html
4. Technický týdeník, Business Media CZ, s.r.o. *TOS Kuřim – historie a současnost (II)* [online]. 2006 [cit. 2019-02-11]. Dostupné z: https://www.technickytydenik.cz/rubriky/archiv/tos-kurim-historie-a-soucasnost-ii_15880.html
5. Technický týdeník, Business Media CZ, s.r.o. *TOS Kuřim – historie a současnost (III)* [online]. 2006 [cit. 2019-02-11]. Dostupné z: https://www.technickytydenik.cz/rubriky/archiv/tos-kurim-historie-a-soucasnost-iii-jednouce-love-stroje-automaticke-linky-a-obrabeci-centra_15921.html
6. MAREK, Jiří. *Konstrukce CNC obráběcích strojů III*. Praha: MM publishing, 2014, 684 s. MM speciál. ISBN 978-802-6067-801.
7. MM Průmyslové spektrum. *Vřetena a jejich komponenty* [online]. 2010 [cit. 2019-03-14]. Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/clanek/vretena-a-jejich-komponenty.html>
8. T+T Technika a trh. *Portálové obráběcí centrum FRPQ* [online]. 2008 [cit. 2019-02-11]. Dostupné z: <https://www.technikaatrh.cz/obrabeni/portalove-obrabeci-centrum-frpq>
9. MM Průmyslové spektrum. *Státní podpora vědy a výzkumu* [online]. 2009 [cit. 2019-02-11]. Dostupné z: https://sst.cz/images/akt-soubory/TOS%20KURIM-OS_Strojtos_Lipnik.pdf
10. Svět strojírenské techniky. *Portálové obráběcí centrum s přesuvným příčnickem FRPQ 300 – FTVR/A10* [online]. 2008 [cit. 2019-02-11]. Dostupné z: http://www.sst.cz/images/soubory/svet_stroj_tech200801_complete.pdf
11. MM Průmyslové spektrum. *Nové stroje se značkou TOS Kuřim – OS* [online]. 2004 [cit. 2019-02-11]. Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/clanek/nove-stroje-se-znackou-tos-kurim-os.html>
12. TOS Kuřim – OS, a.s. *Portálové stroje*. Kuřim, 2009.
13. ROUČKA, Jaromír. *Metalurgie litin*. Brno: PC-DIR, 1998, 166 s. Učební texty vysokých škol. ISBN 80-214-1263-1.
14. SKOČOVSKÝ, Petr a Tomáš PODRÁBSKÝ. *Grafitické liatiny*. Žilina: Žilinská univerzita, 2005, 168 s. ISBN 80-8070-390-6.

15. PODRÁBSKÝ, Tomáš a Simona POSPÍŠILOVÁ. *Struktura a vlastnosti grafitických litin* [online]. Brno, 2006. [cit. 2009-03-14]. Dostupné z: <http://ime.fme.vutbr.cz/images/umvi/opory/savgl/index.php?chapter=10>
16. SVOBODA, Pavel, Jan BRANDEJS a Jiří DVOŘÁČEK. *Základy konstruování*. Vyd. 6. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2015, 232 s. ISBN 978-80-7204-921-9.
17. SVOBODA, Pavel a Jan BRANDEJS. *Výběry z norem pro konstrukční cvičení*. Vyd. 5. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2013, 234 s. ISBN 978-80-7204-838-0.
18. LEINVEBER, Jan, Jaroslav ŘASA a Pavel VÁVRA. *Strojnické tabulky*. 3. dopl. vyd. Praha: Scientia, 1999, 985 s. ISBN 80-718-3164-6.
19. Exapro. *Horizontální vyvrtávačka W9 TOS Varnsdorf* [online]. [cit. 2019-04-05]. Dostupné z: <https://www.exapro.cz/tos-varnsdorf-w9-p80522139/>
20. Kistner Machine Tools. *TOS KURIM FFQ 100 – OR/A14* [online]. [cit. 2019-03-14]. Dostupné z: https://www.maschinen-kistner.de/files/Produkte/Fraesmaschinen/TOS_KURIM_FFQ_100_OR_A14/PDF_Englisch/TOS_KURIM_FFQ_100_OR-A14_EN_V.pdf
21. Exapro. *Radiální vrtačka KOVOSVIT VR 6 A* [online]. [cit. 2019-04-05]. Dostupné z: <https://www.exapro.cz/radialni-vrtacka-kovosvit-vr-6-a-p70823128/>
22. Exapro. *Souřadnicová vyvrtávačka Kovosvit MAS WKV-100* [online]. [cit. 2019-03-30]. Dostupné z: <https://www.exapro.cz/radialni-vrtacka-kovosvit-vr-6-a-p70823128/>
23. M&V. *Soustružnické nože vnější*. [online]. [cit. 2019-04-06]. Dostupné z: <https://katalog.mav.cz/categories.php?rozbal=8734>
24. M&V. *Vyměnitelné břitové destičky pro soustružení*. [online]. [cit. 2019-04-06]. Dostupné z: <https://katalog.mav.cz/categories.php?rozbal=8867>
25. M&V. *Soustružnické nože s pájenou destičkou z SK*. [online]. [cit. 2019-04-06]. Dostupné z: <https://katalog.mav.cz/detail.php?id=13466>
26. M&V. *Frézování*. [online]. [cit. 2019-04-06]. Dostupné z: <https://katalog.mav.cz/categories.php?rozbal=8480>
27. M&V. *Vyměnitelné břitové destičky pro frézování*. [online]. [cit. 2019-04-06]. Dostupné z: <https://katalog.mav.cz/categories.php?rozbal=8866>
28. M&V. *Nástroje na obrábění otvorů*. [online]. [cit. 2019-04-06]. Dostupné z: <https://katalog.mav.cz/categories.php?rozbal=3459>
29. M&V. *Závitořezné nástroje*. [online]. [cit. 2019-04-06]. Dostupné z: <https://katalog.mav.cz/categories.php?rozbal=5610>
30. M&V. *Nástroje pro frézování*. [online]. [cit. 2019-04-06]. Dostupné z: <https://katalog.mav.cz/categories.php?rozbal=3702>
31. WALTER. *Nástroje na přesné vyvrtávání*. [online]. [cit. 2019-04-06]. Dostupné z: https://www.walter-tools.com/cs-cz/search/pages/default.aspx?m=5007656#/family/000218_101266

32. WALTER. *Vyměnitelné břitové destičky pro přesné vyvrtávání*. [online]. [cit. 2019-04-06]. Dostupné z: <https://www.walter-tools.com/cs-cz/search/pages/default.aspx#/product/CCGT060204-X15%20WAK15>
33. WALTER. *Nástroje pro hrubování a dokončování*. [online]. [cit. 2019-04-06]. Dostupné z: <https://www.walter-tools.com/cs-cz/search/pages/default.aspx#/product/F4041.B16.040.Z03.13>
34. WALTER. *Vyměnitelné břitové destičky pro frézování*. [online]. [cit. 2019-04-06]. Dostupné z: <https://www.walter-tools.com/cs-cz/search/pages/default.aspx#/product/LNGX130708R-L55%20WAK15>
35. WALTER. *Dělicí a kotoučové frézy*. [online]. [cit. 2019-04-06]. Dostupné z: <https://www.walter-tools.com/cs-cz/search/pages/default.aspx#/product/F5055.BN32.125.Z11.3,0R>
36. WALTER. *Jednobřité břitové destičky SX*. [online]. [cit. 2019-04-06]. Dostupné z: <https://www.walter-tools.com/cs-cz/search/pages/default.aspx#/product/SX-3E300N02-CE4%20WKP23S>
37. ATOL. *CNC obráběcí centra Fanuc/Siemens*. [online]. [2019-04-16]. Dostupné z: <https://www.stroje-atol.cz/cnc-obrabeci-centra-fanuc-siemens/cnc-obrabeci-centrum-axh-718-fanuc-siemens/>
38. TumliKOVO. *Nástrojové kužely*. [online]. [cit. 2019-04-16]. Dostupné z: <http://www.tumlikovo.cz/nastrojove-kuzely/>
39. SteelCam. *Katalog Dormer Pramet 2016*. [online]. [cit. 2019-04-16]. Dostupné z: <https://docs.steelcam.org/dormer-pramet/katalog-osnastka-2016-page282>
40. T-suppost. *Upínače nástrojů*. [online]. [cit. 2019-04-16]. Dostupné z: <https://www.t-support.cz/?rubrika=1470>
41. SteelCam. *Katalog Dormer Pramet 2016*. [online]. [cit. 2019-04-16]. Dostupné z: <https://docs.steelcam.org/dormer-pramet/katalog-osnastka-2016-page285>
42. Strojírenství. *Stabilní diagram, charakter fází oblasti*. [online]. [cit. 2019-04-16]. Dostupné z: <http://strojirenstvi.studentske.cz/2010/11/10-stabilni-diagram-charakter-fazi.html>
43. TumliKOVO. *Zaškrabávání ploch – teorie*. [online]. [cit. 2019-04-16]. Dostupné z: <http://www.tumlikovo.cz/zaskrabavani-ploch-teorie/>
44. Interní materiály firmy.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Zkratka	Popis
C	Uhlík
CAD	Počítačem podporované navrhování (Computer-Aided Design)
CNC	Číslicové řízení pomocí počítače (Computer Numerical Control)
ČSN	Česká technická norma
DIN	Německá strojírenská norma (Deutsche Industrie-Norm)
EN	Evropská norma
HB	Tvrdost podle Brinellovy stupnice
HSC	Vysokorychlostní obrábění (High Speed Cutting)
HSS	Rychlořezná ocel (High Speed Steel)
HSSE	Rychlořezná ocel s obsahem Co (kobalt)
ISO	Mezinárodní organizace pro normalizaci
LLG	Litina s lupínkovým grafitem
Mn	Mangan
NN-K	Válečkové ložisko
P	Fosfor
S	Síra
Si	Křemík
SKF	Kuličkové ložisko s kosoúhlým stykem
VBD	Vyměnitelná břitová destička
a.s.	Akciová společnost
s.r.o.	Společnost s ručením omezeným

Symbol	Jednotka	Popis
A	[%]	Tažnost
A_{cl}	[°C]	Překrystalizační teplota
D	[mm]	Řezný průměr
D_c	[mm]	Řezný průměr
D₁	[mm]	Maximální průměr řezu
F	[N]	Upínací síla

L	[mm]	Funkční délka
L_c	[mm]	Délka bříty
M_k	[Nm]	Krouticí moment
N_{MC}	[Kč]	Celkové montážní náklady
N_{Mx}	[Kč]	Montážní náklady dané operace
N_{VC}	[Kč]	Celkové výrobní náklady
N_{Vx}	[Kč]	Výrobní náklady dané operace
P	[kW]	Výkon
P	[mm]	Rozteč
R_a	[μm]	Střední aritmetická úchylka profilu
R_m	[MPa]	Mez pevnosti v tahu
R_{p0,2}	[MPa]	Smluvní mez kluzu
SB	[mm]	Výška řezu
S_{hx}	[Kč.hod ⁻¹]	Hodinová sazba dané operace
T	[°C]	Teplota
Z	[-]	Počet zubů
a_e	[mm]	Hloubka řezu
b	[mm]	Šířka nože
b	[mm]	Délka hladicího bříty
d	[mm]	Průměr břitové destičky
dH7	[mm]	Průměr stopky
d₁	[mm]	Řezný průměr
d₁	[mm]	Průměr díry
d₁	[mm]	Průměr náboje
d₁	[mm]	Průměr spojení
d₁	[mm]	Průměr špičky
d₂	[mm]	Průměr stopky
d₂	[mm]	Průměr čepu
d₆	[mm]	Průměr náboje
h	[mm]	Výška nože

h_1	[mm]	Výška nože
f	[mm]	Funkční šířka
l	[mm]	Délka řezné hrany
l_1	[mm]	Funkční délka
l_2	[mm]	Maximální vyložení
l_2	[mm]	Řezná délka
l_2	[mm]	Šířka břitové destičky
l_4	[mm]	Funkční délka
l_4	[mm]	Maximální vyložení
m	[kg]	Hmotnost
n	[mm]	Funkční šířka
n	[min ⁻¹]	Otáčky
p	[MPa]	Tlak
r_ε	[mm]	Poloměr špičky
s	[mm]	Tloušťka břitové destičky
s	[mm]	Upichovací šířka
t_{px}	[min]	Čas přípravy dané operace
t_{sx}	[min]	Čas práce dané operace
α	[°]	Úhel stoupání
λ	[°]	Úhel stoupání
ε	[°]	Úhel špičky

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1	Upínací kužel ISO 50.
Příloha 2	Upínací kužel HSK-A.
Příloha 3	Litina s lupínkovým grafitem.
Příloha 4	Výkres součásti vřetenová hlava, č. v. O70-100071-TP.
Příloha 5	Soustava tolerancí a uložení.
Příloha 6	Všeobecné tolerance.
Příloha 7	Mezní úchytky metrického závitu.
Příloha 8	Použité barvy.
Příloha 9	Jakost povrchu zaškrabaných ploch.
Příloha 10	Montáž těsnicích kroužků.
Příloha 11	Uložení ložisek.
Příloha 12	Protokol zkoušky házivosti vřetene.
Příloha 13	Řez výměnnou vřetenovou hlavou VA1.
Příloha 14	Bezkontaktní snímače Balluff.
Příloha 15	Protokol záznam záběhu hlavy VA1.

PŘÍLOHA 1

Upínací kužel ISO 50 [38,39].

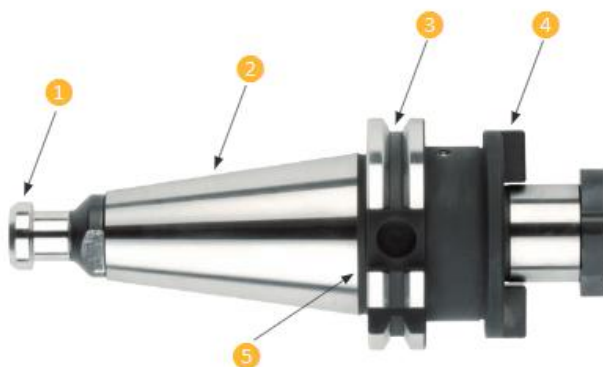
Jedná se o upínač s kuželovou stopkou. Zkratka ISO označuje strmý kužel, jehož kuželovitost je 3,5:12. Z důvodu odstranění desetinné čárky se uvádí dvojité hodnoty kuželovitosti, 7:24. Normovány jsou velikosti ISO 30, ISO 40, ISO 50, ISO 60, ISO 70 a ISO 80. Největší průměr kužele ISO 50 je 69,85 mm. Základní rozdíl mezi stopkami ISO a HSK je ten, že stopka ISO má při upnutí mezi čelem vřetene a stopkou vůli, kdežto stopka HSK dosedá na čelo vřetene.

STRMÝ KUŽEL

Velké ruční stroje a CNC stroje používají přesně broušené držáky se zasouvacím kuželem, který odpovídá specifickému dutému kuželi příslušného stroje. Držák může být zajištěn buď pomocí tažného čepu, nebo

závitové tyče. U CNC strojů je oblíbenější tažný čep, protože umožňuje jednodušší automatickou výměnu nástroje.

Držák tvoří pět základních komponent:



- 1 Tažný čep
- 2 Kuželová stopka
- 3 Drážka unašeče: kruhová drážka

- 4 Adaptér
- 5 Zápich

Kuželová stopka

Norma stanoví čtyři základní velikosti kuželové stopky včetně SK 30, SK 40, SK 50 a SK 60.

Správná kuželová stopka pro typ stroje

ISO 60 velmi velké stroje

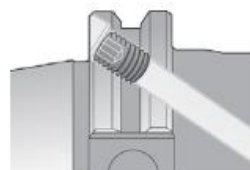
ISO 50 střední stroje

ISO 40 malé stroje

ISO 30 velmi malé stroje

Přívod řezné kapaliny tvaru AD/B

Držáky tvaru AD/B mají vnitřní přívod řezné kapaliny. Při použití tvaru B (přívod řezné kapaliny límcem) musí být odstraněny dva šrouby bez hlavy a musí být vložen utěsněný tažný čep. Při použití tvaru AD (centrální přívod řezné kapaliny) musí dva šrouby bez hlavy zůstat na límcu a musí být vložen provrtaný tažný čep.



PŘÍLOHA 2

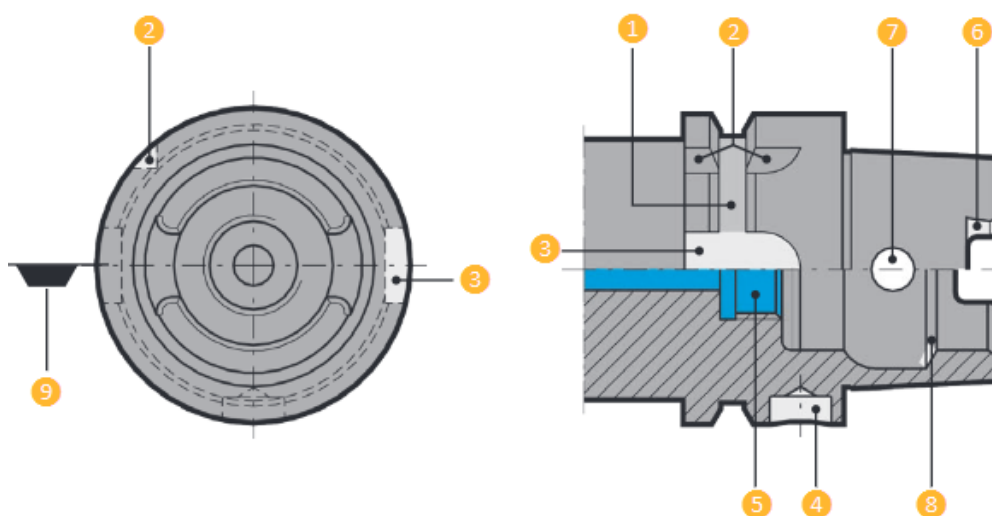
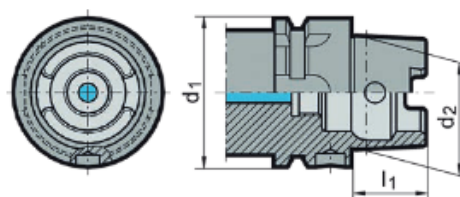
Upínací kužel HSK-A [40, 41].

Jedná se o upínač s dutou kuželovou stopkou, jejíž kuželovitost je 1:10. Upínací kužel HSK má upínací mechanismus uvnitř kuželové stopky. Upnutí probíhá vztažením jedné kleštiny do druhé, která se rozpíná v dutině stopky a tím upíná upínač. Kužel HSK-A je určen pro střední až vysoké otáčky a pro malý krouticí moment. Unášecí drážky se nachází na konci stopky upínače a procesní kapalina je přiváděna středem upínače. Používá se v obráběcích centrech s automatickou výměnou nástrojů.

HSK (duté kuželové stopky)

DIN 69063-1 (ISO 12164-1) tvar A

Standardní typ pro obrábění centra a frézky. HSK pro automatickou výměnu nástroje s drážkou unášeče a indexovací drážkou. Ruční obsluha se provádí přístupovým otvorem v kuželu.

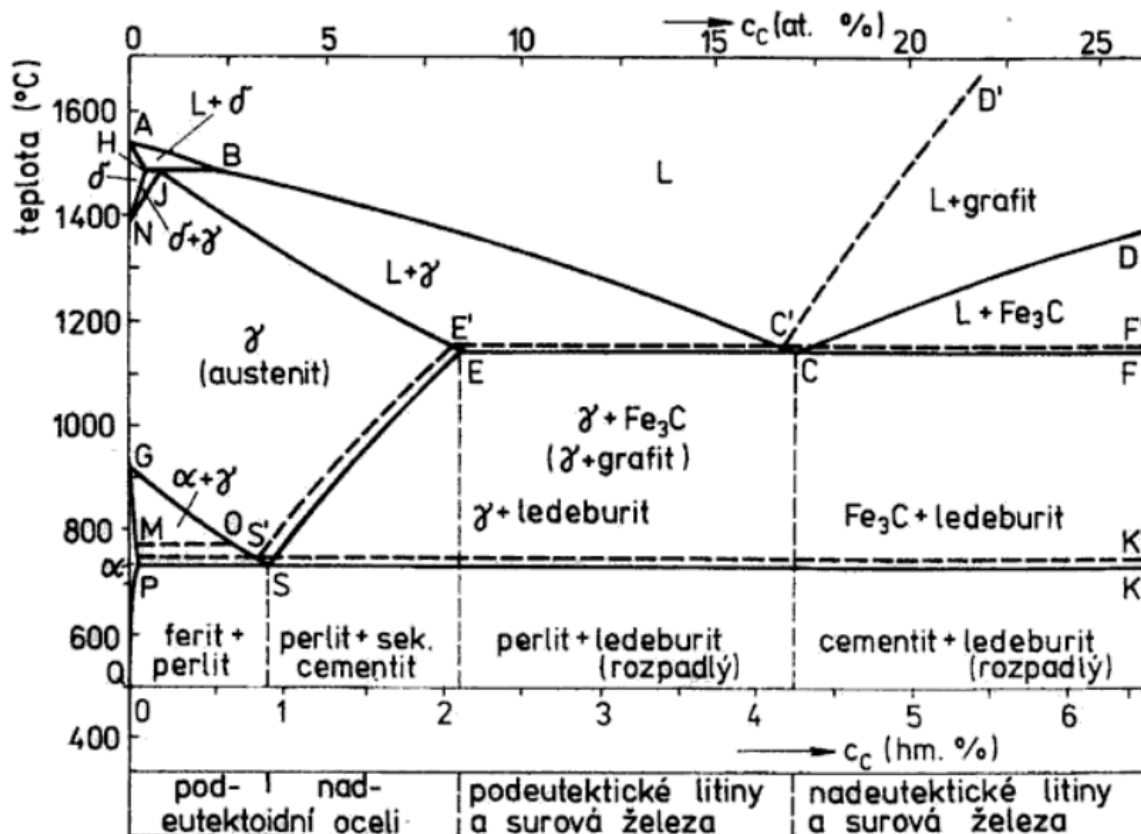


Definice termínů rozhraní HSK-A pro automatické nástrojové systémy

- 1 Drážka unášeče: kruhová drážka
- 2 Indexovací drážka: srpovitá drážka napříč drážkou unášeče
- 3 Drážka pro klíč na límci: indexovací drážka nebo pro připojení do zásobníku nástrojů či unášečů.
- 4 Kódování/označování: otvor v límci pro připojení označovacího systému (kódovací čip)
- 5 Závít pro řeznou kapalinu: pro připojení sady pro přívod řezné kapaliny
- 6 Drážka pro klíč na kuželové stopce: tvarově uzavřený přenos točivého momentu na vřeteno
- 7 Radiální otvor v kuželové stopce: nutný pro ruční upínací systémy
- 8 Upínací osazení: kruhový úkos pro zatažení nástroje
- 9 Poloha řezné hrany u nástrojů s jednou řeznou hranou

Litina s lupínkovým grafitem [13, 42].

Litiny jsou slitiny železa, uhlíku a dalších prvků, v nichž je uhlík vyloučen jako grafit nebo vázán jako karbid Fe_3C , případně karbid jiného prvku. Obsah uhlíku v litinách je nad 2 %. Litiny krystalují podle stabilního diagramu Fe-C nebo metastabilního diagramu Fe- Fe_3C . Litina s lupínkovým grafitem vzniká při tuhnutí podle stabilního diagramu Fe-C, kdy vzniká grafické eutektikum, které tvoří austenit a grafit (grafické litiny). Stabilní diagram Fe-C:



Litina s lupínkovým grafitem (LLG) obsahuje grafit ve tvaru prostorových útvarů, podobných zelné hlávce, které na metalografickém výbrusu mají tvar lupínků. Délka lupínků je podstatně větší, než jejich tloušťka, konec lupínků je ostrý. Litina s lupínkovým grafitem je nejobvyklejším typem vyráběných litin. Lupínkový grafit vzniká obvykle bez jakýchkoliv metalurgických zásahů. Tvar lupínkového grafitu:



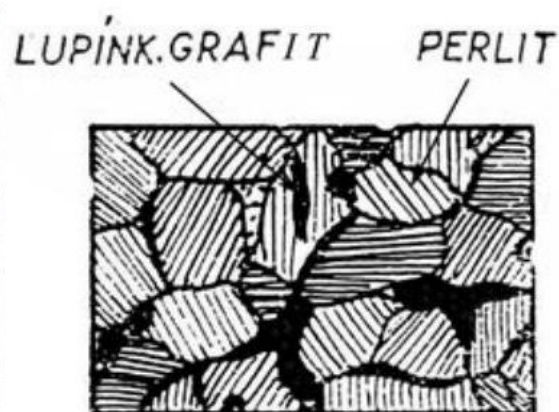
Litina s lupínkovým grafitem [15].

Litina s lupínkovým grafitem má ve struktuře kromě lupínkového (lamelárního) grafitu i kovovou matici, která obsahuje ferit, perlit nebo jejich směs.

LLG s feritickou maticí:



LLG s perlitickou maticí:

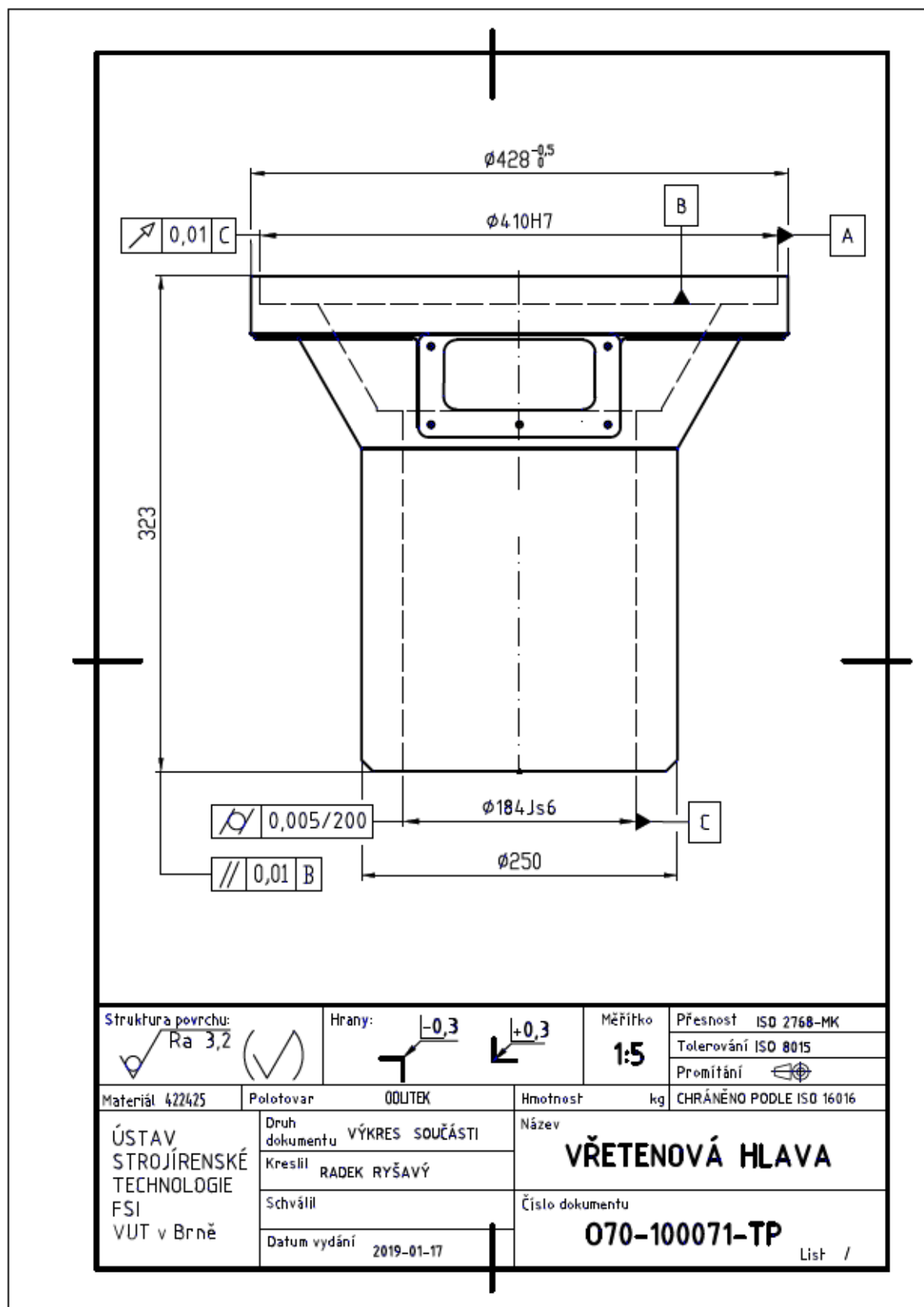


LLG s feritickou-perlitickou maticí:



PŘÍLOHA 4

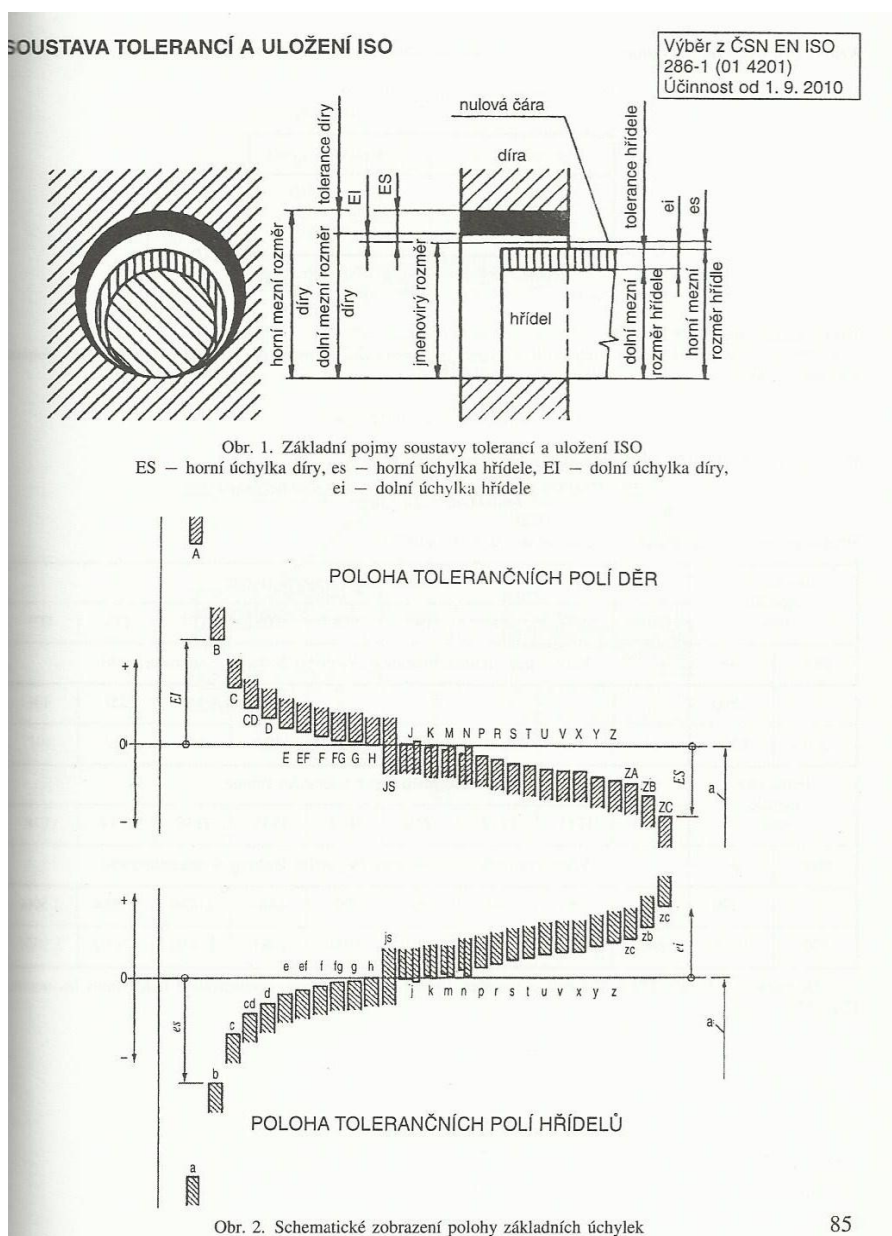
Výkres součásti vřetenová hlava, č. v. O70-100071-TP.



Soustava tolerancí a uložení [17].

Obsahuje soubor systematicky uspořádaných 28 poloh tolerančních polí vzhledem k nulové čáře (jmenovitému rozměru) a 20 tolerančních stupňů. Toleranční pole jsou vyjádřena písmeny, pro díry jsou to velká písmena a pro hřídele písmena malá. Jsou seřazeny abecedně za sebou a některá jsou vyjmutá z důvodu možnosti záměny velké za malé (I, L, O, Q, W – i, l, o, q, w). Pro díry se začíná písmenem A, které má nejvyšší polohu tolerančního pole vztahenou k nulové čáře a končí ZC, hluboko pod nulovou čarou. U hřídelů je to přesně naopak. Na nulové čáře leží toleranční pole H/h. Díra má toleranční pole v kladných hodnotách, hřídel v záporných. Tato toleranční pole se proto nejčastěji využívají jako základní pro navrhování uložení. Další zajímavé toleranční pole je JS/js, je souměrné, co do plusu, to do mínusu.

Soustava tolerancí a uložení:



PŘÍLOHA 5 – 2/3

Soustava tolerancí a uložení [17].

Toleranční pole H7:

TOLERANČNÍ POLE DĚR PRO JMENOVITÉ ROZMĚRY OD 1 DO 500 mm
Mezní úchytky

Rozměry (mm)			Toleranční pole																
			H5	J5	G6	H6	J6	K6	N6	P6	F7	H7	J7	K7	N7	P7	F8	H8	E9
			Mezní úchytky (μm)																
od	1	do 3	+4 0	+2,0 -2,0	+8 +2	+6 0	+3,0 -3,0	0 -6	-4 -10	-6 -12	+16 +6	+10 0	+5 -5	0 -10	-4 -14	-6 -16	+20 +6	+14 0	+39 +14
přes	3	do 6	+5 0	+2,5 -2,5	+12 +4	+8 0	+4,0 -4,0	+2 -6	-5 -13	-9 -17	+22 +10	+12 +0	+6 -6	+3 -9	-4 -16	-8 -20	+28 +10	+18 0	+50 +20
přes	6	do 10	+6 0	+3,0 -3,0	+14 +5	+9 0	+4,5 -4,5	+2 -7	-7 -16	-12 -21	+28 +13	+15 0	+7 -7	+5 -10	-4 -19	-9 -24	+35 +13	+22 0	+61 +25
přes	10	do 14	+8 0	+4,0 -4,0	+17 +6	+11 0	+5,5 -5,5	+2 -9	-9 -20	-15 -26	+34 +16	+18 0	+9 -9	+6 -12	-5 -23	-11 -29	+43 +16	+27 0	+75 +32
přes	14	do 18																	
přes	18	do 24	+9 0	+4,5 -4,5	+20 +7	+13 0	+6,5 -6,5	+2 -11	-11 -24	-18 -31	+41 +20	+21 0	+10 -10	+6 -15	-7 -28	-14 -35	+53 +20	+33 0	+92 +40
přes	24	do 30																	
přes	30	do 40	+11 0	+5,5 -5,5	+25 +9	+16 0	+8,0 -8,0	+3 -13	-12 -28	-21 -37	+50 +25	+25 0	+12 -12	+7 -18	-8 -33	-17 -42	+64 +25	+39 0	+112 +50
přes	40	do 50																	
přes	50	do 65	+13 0	+6,5 -6,5	+29 +10	+19 0	+9,5 -9,5	+4 -15	-14 -33	-26 -45	+60 +30	+30 0	+15 -15	+9 -21	-9 -39	-21 -51	+76 +30	+46 0	+134 +60
přes	65	do 80																	
přes	80	do 100	+15 0	+7,5 -7,5	+34 +12	+22 0	+11,0 -11,0	+4 -18	-16 -38	-30 -52	+71 +36	+35 0	+17 -17	+10 -25	-10 -45	-24 -59	+90 +36	+54 0	+159 +72
přes	100	do 120																	
přes	120	do 140	+18 0	+9,0 -9,0	+39 +14	+25 0	+12,5 -12,5	+4 -21	-20 -45	-36 -61	+83 +43	+40 0	+20 -20	+12 -28	-12 -52	-28 -68	+106 +43	+63 0	+185 +85
přes	140	do 160																	
přes	160	do 180																	

Toleranční pole Js6:

TOLERANČNÍ POLE DĚR PRO JMENOVITÉ ROZMĚRY OD 1 DO 500 mm
Mezní úchytky

Rozměry (mm)			H5	J5	G6	H6	J6	K6	N6	P6	F7	H7	J7	K7	N7	P7	F8	H8	E9
			Mezní úchytky (μm)																
přes 180	do 200		+20 0	+10 -10	+44 +15	+29 0	+14,5 -14,5	+5 -24	-22 -51	-41 -71	+96 +50	+46 0	+23 -23	+13 -33	-14 -60	-33 -79	+122 +50	+72 0	+215 +100
přes 200	do 225		+23 0	+11,5 -11,5	+49 +17	+32 0	+16 -16	+5 -27	-25 -57	-47 -79	+108 +56	+52 0	+26 -26	+16 -36	-14 -66	-36 -88	+137 +56	+81 0	+240 +110
přes 225	do 250		+25 0	+12,5 -12,5	+54 +18	+36 0	+18 -18	+7 -29	-26 -62	-51 -87	+119 +62	+57 0	+28 -28	+17 -40	-16 -73	-41 -98	+151 +62	+89 0	+265 +125
přes 250	do 280		+27 0	+13,5 -13,5	+60 +20	+40 0	+20 -20	+8 -32	-27 -67	-55 -95	+131 +68	+63 0	+31 -31	+18 -45	-17 -80	-45 -108	+165 +68	+97 0	+290 +135

Soustava tolerancí a uložení [17].

Toleranční stupeň – stupeň přesnosti určuje výšku tolerančního pole. Stupně normalizované tolerance jsou označeny písmeny IT, s následujícím číslem stupně, např. IT6. Celkem je dvacet stupňů přesnosti, od IT 01 až po IT18. Příklady použití IT ve strojírenství:

- IT01 – IT4 výroba měřidel a kalibrů,
- IT3 – IT7 výroba ložisek,
- IT5 – IT11 přesné a všeobecné strojírenství,
- IT11 – IT16 výroba polotovarů,
- IT13 – IT18 kovové konstrukce.

Nejběžnější stupně přesnosti:

Číselné hodnoty toleranci dle ČSN EN 20 286-1					Hodnoty v μm			
Stupeň přesnosti		IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12
Rozsah rozměrů (mm)	do 3	6	10	14	25	40	60	100
	přes 3 do 6	8	12	18	30	48	75	120
	přes 6 do 10	9	15	22	36	58	90	150
	přes 10 do 18	11	18	27	43	70	110	180
	přes 18 do 30	13	21	33	52	84	130	210
	přes 30 do 50	16	25	39	62	100	160	250
	přes 50 do 80	19	30	46	74	120	190	300
	přes 80 do 120	22	35	54	87	140	220	350
	přes 120 do 180	25	40	63	100	160	250	400
	přes 180 do 250	29	46	72	115	185	290	460
	přes 250 do 315	32	52	81	130	210	320	520
	přes 315 do 400	36	57	89	140	230	360	570
	přes 400 do 500	40	63	97	155	250	400	630

PŘÍLOHA 6

Všeobecné tolerance [17].

Výkresem předepsané rozměry jsou ve skutečnosti pouze teoretické. Při výrobě součástí vznikají nepřesnosti způsobené zvolenou technologií výroby, vlastním procesem výroby a lidským faktorem. Skutečný rozměr součásti se od ideálního odlišuje v určitých mezích. Předepisování mezí, a tím i přesnosti, s jakou mají být součásti vyrobeny, se provádí tolerováním. Tolerování je předepsání rozměrů v určitých mezích. Tolerování klade zvýšené nároky na výrobu, a proto je účelné tolerovat pouze rozměry funkční. Neopodstatněně vysoké požadavky na přesnost součástí znamenají i výrazné zvýšení nákladů na jejich výrobu. Znalost tolerování je základem pro tvorbu výkresové dokumentace, která popisuje nejen geometrii součásti, ale je současně podkladem pro volbu vhodné technologie výroby. Všechny rozměry, které nejsou na výkrese konkrétně tolerovány, musí zůstat v určitých mezích. Norma ČSN ISO 2768-1 rozděluje hodnoty všeobecných tolerancí do čtyř tříd přesnosti:

- jemná – f,
- střední – m,
- hrubá – c,
- velmi hrubá – v.

Nepředepsané mezní úchytky délkových rozměrů:

VŠEOBECNÉ TOLERANCE

Výběr z ČSN ISO 2768-1 (01 4240)

Účinnost od 1. 10. 1992

Nepředepsané mezní úchytky délkových rozměrů

Rozměry v mm

Třída přesnosti		Mezní úchytky pro základní rozsah rozměrů							
označení	název	0,5 ¹⁾ do 3	přes 3 do 6	přes 6 do 30	přes 30 do 120	přes 120 do 400	přes 400 do 1 000	přes 1 000 do 2 000	přes 2 000 do 4 000
f	jemná	±0,05	±0,05	±0,1	±0,15	±0,2	±0,3	±0,5	—
m	střední	±0,1	±0,1	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2	±2
c	hrubá	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2	±2	±3	±4
v	velmi hrubá	—	±0,5	±1	±1,5	±2,5	±4	±6	±8

¹⁾ U jmenovitého rozměru pod 0,5 mm se mezní úchytky předepíše za odpovídající jmenovitý rozměr.

PŘÍLOHA 7

Mezní úchytky metrického závitu [17].

Úchytky 6H a 6g jsou uvažovány jako přednostní, dávají spojení se zaručenou vůlí, umožňují i dodatečné pokovení. Při používání tohoto výběru lze toleranční značky šroubů a matic kombinovat libovolně. Dostatečnou hloubku u závitového spojení však zaručují je uložení H/g, H/h nebo G/h; pro $P < 0,5$ mm jen H/h.

VÝBĚR DOPORUČENÝCH MEZNÍCH ÚCHYLEK ISO METRICKÉHO ZÁVITU

Výběr z ČSN 01 4315
Účinnost od 1. 1. 1972

Uložení s vůlí

Matice		Šroub			Druh lícování	Použití
G	H	e	g	h		
	4H 5H			4h	jemné	Pro přesné závity
6G	5H 6H 6H	6e	6g	6h	střední	Všeobecné použití
	7H		8g		hrubé	Pro méně přesnou výrobu

Použité barvy [44].

Sortiment používaných barev - TOS Kuřim

ZÁKLAD

Aritma

Použití

Warneckol EP Grundierung A K 2K

- epoxidový, dvousložkový organický základ

NCS 5502 - Grund
Tužidlo

S 8087-5501
S 8086-1055

Vřetenové hlavy
Poměr tužení 5:1 - váhově !!!
Vrstva nátěru 40-50mm

VRCHNÍ BARVA

Durotect PUR PLUS Strukturlack

- organická, dvousložková, polyuretanová barva

RAL 3009

S 8086-3009

**Olejivzdorné
nátěry**

Tužidlo

S8086-0224

Poměr tužení 4:1 - váhově!!!

RAL 7035

S 8086-1022

Frézovací hlavy

Tužidlo

S 8086-1054

Poměr tužení 6:1 - váhově!!!

Vrstva nátěru 60-80mm

Použití barev všeobecně

Základ epoxidový pouze na vřetenové hlavy - zbytek produkce vodouředitelnou barvou.

Vrchní polyuretanové barvy pouze vřetenové hlavy - zbytek vodouředitelnou barvou.

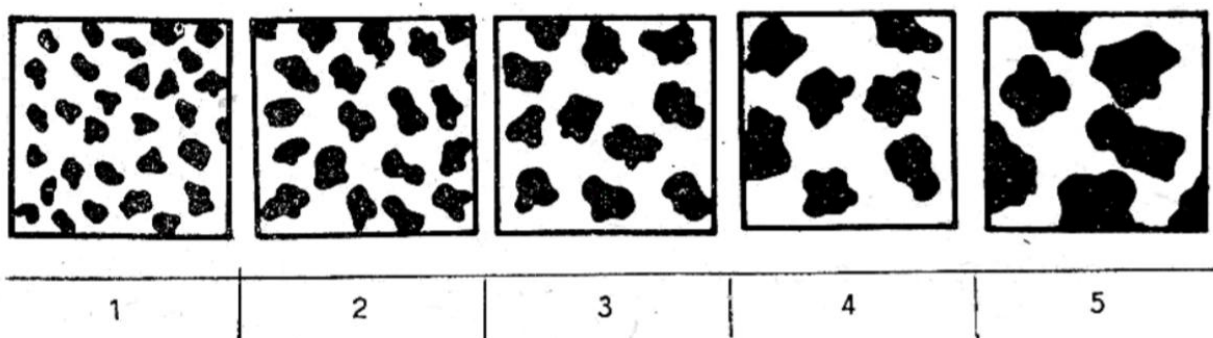
Vrchní odstín RAL standart TOS RAL5017+7035.

Jiný vrchní odstín je na přání zákazníka.

PŘÍLOHA 9

Jakost povrchu zaškrabaných ploch [43].

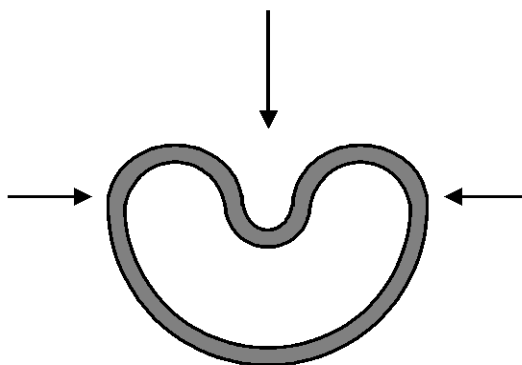
Zaškrabané plochy se dělí podle jakosti a způsobu použití na pět tříd s označením od nejpřesnější třídy k nejhrubší 1, 2, 3, 4 a 5. Jednotlivé třídy jakostí zaškrabaných ploch jsou určeny počtem dotykových plošek mezi zaškrabávanou plochou a kontrolní plochou průměrné desky. Dotykové plošky mají být přibližně rovnoměrně rozloženy na ploše čtverce o straně 25 mm, tj. ploše 625 mm² a kontroluje se na barvu. V případě, kde určení počtu dotykových plošek na čtverci 25 x 25 mm není spolehlivé (úzké nebo přerušované plochy), mohou se dotykové plošky spočítat na ploše jiného rozměru a přepočítat na plochu 25 x 25 mm.



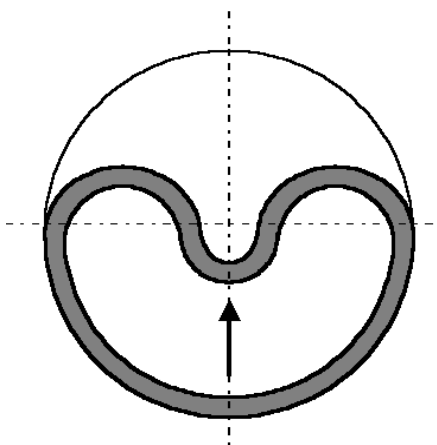
Montáž těsnicích kroužků [44].

Postup montáže těsnicího kroužku:

1. Zkontrolovat odjehlení a zaoblení hran, případně odjehlít. Odstranit třísky po obrábění a další nečistoty.
2. Pro usnadnění instalace je možné těsnění namazat. Používat pouze tuky bez pevných příměsí.
3. Stlačit těsnění do tvaru ledviny. Těsnění nesmí mít ostré ohyby.



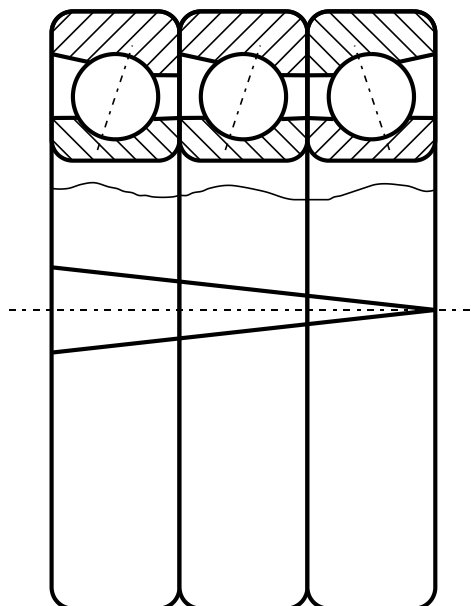
4. Vložit stlačený těsnicí kroužek do drážky a zatlačit proti kroužku ve směru šipky tak, aby vyplnil drážku (vytvarovat rukou těsnění opět do kruhového tvaru)



5. Zkalibrovat kroužek. Může být použita samotná pístnice, nebo kalibrační trn.

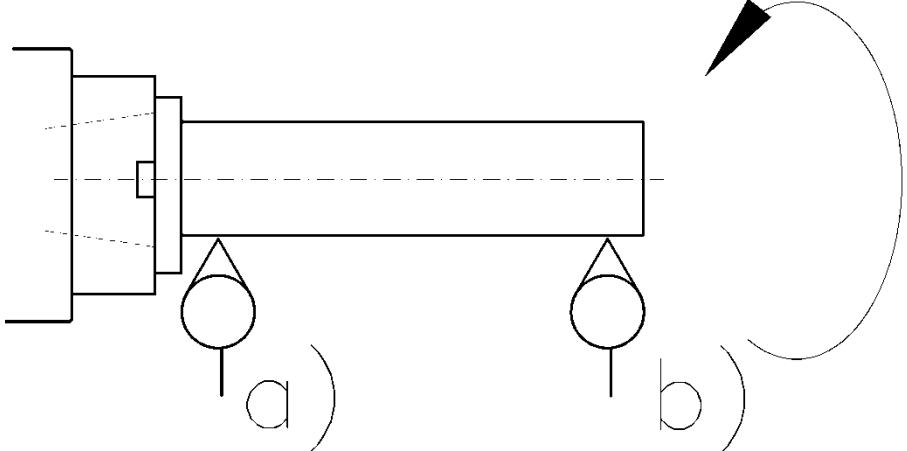
Uložení ložisek [44].

Uložení tří ložisek se nazývá do „O plus tandem“:



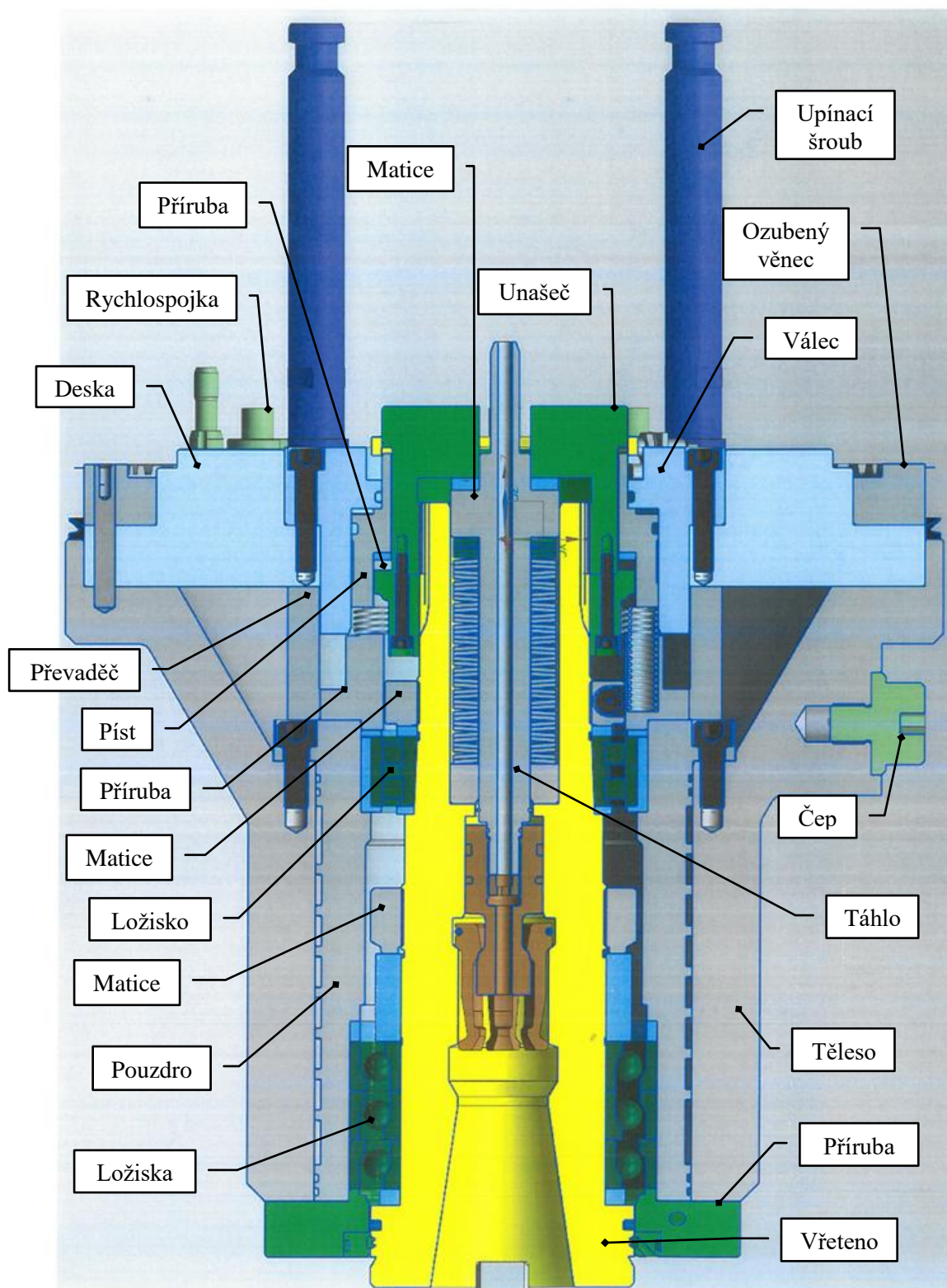
PŘÍLOHA 12

Protokol zkoušky házivosti vřetene [44].

AG3	Obvodové házení osy vřetena a) u čela vřetena b) ve vzdálenosti 300 mm od čela vřetena		Hlava VA1
			
Měření		a)	b)
Úchylka	dovolená	0,01	0,01
	naměřená		
Pozn.: Páčkový úchylkoměr, měřicí trn			
Odkaz na: ČSN ISO 10791-1, ČSN ISO 10791-2 (měření G11)			
Dne:		Zkoušku provedl:	Odběratel:

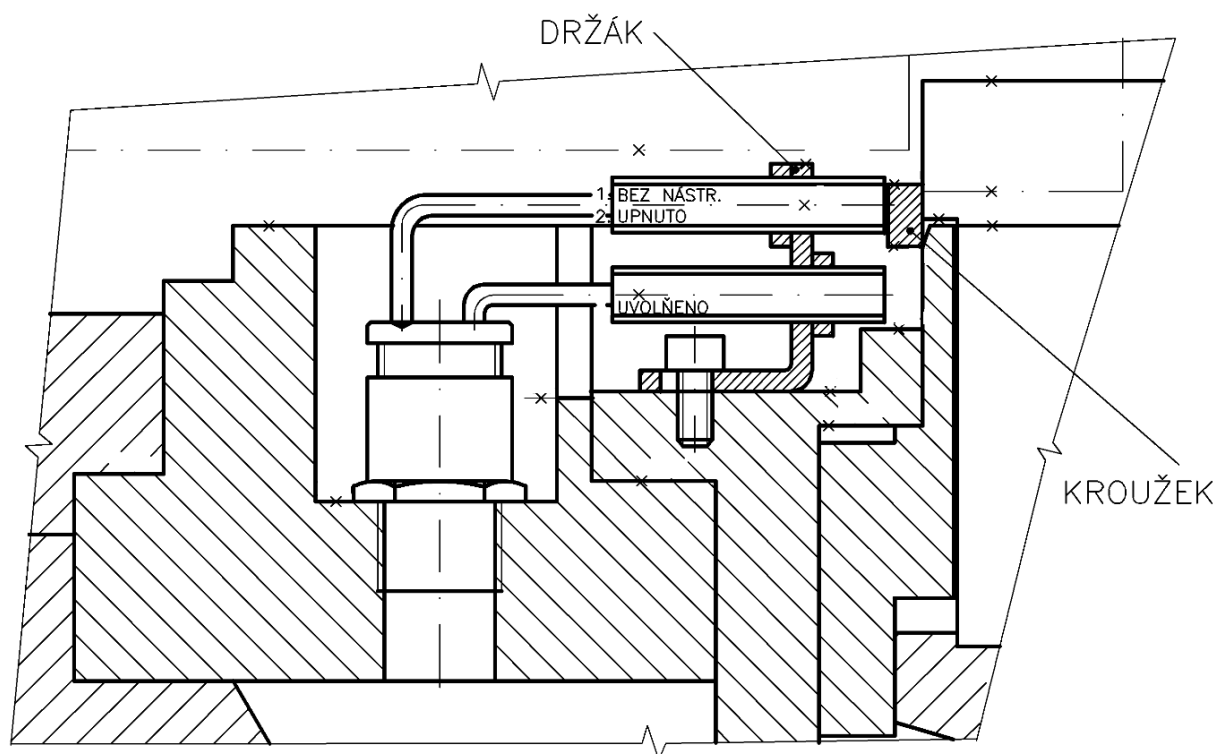
Řez výměnnou vřetenovou hlavou VA1 [44].

Pro lepší orientaci jsou přidány popisky jednotlivých komponentů. Řez byl proveden v softwaru Siemens NX.



Bezkontaktní snímače Balluff [44].

Detail výkresu sestavy vřetenové hlavy:



PŘÍLOHA 15

Protokol záznamu záběhu hlavy VA1 [44].

<u>Záznam záběhu hlavy – VA1 - 6000 ot/min</u>																																																																																																					
(ložiska a kola mazána tukem)																																																																																																					
<p><u>Místa měření teploty ložisek vřetena:</u></p> <p style="text-align: center;">A - teplota na předním ložisku</p> <p style="text-align: center;">B - teplota na zadním ložisku</p> <p>Teplota nesmí přesáhnout 55°C. Při překročení teploty ihned záběh přerušit a znovu rozběhnout po jedné hodině na 800 ot/min po dobu 20 minut. Pak pokračovat od otáček, kde došlo k překročení teploty. Záznam o přerušení záběhu (s pořadovým číslem přerušení) uvést v kolonce poznámka u otáček, při kterých k přerušení došlo.</p>																																																																																																					
Výrobní zakázka:				Číslo stroje:			Typ stroje:																																																																																														
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th colspan="3" style="padding: 5px;">Podmínky záběhu</th> <th colspan="4" style="padding: 5px;">Záznam teplot [°C]</th> <th rowspan="3" style="padding: 5px;">Teplota prostředí [°C]</th> <th rowspan="3" style="padding: 5px;">Poznámka</th> </tr> <tr> <th rowspan="2" style="padding: 5px;">otáčky [1/min]</th> <th rowspan="2" style="padding: 5px;">běh [min]</th> <th rowspan="2" style="padding: 5px;">klid [min]</th> <th colspan="2" style="padding: 5px;">A</th> <th colspan="2" style="padding: 5px;">B</th> </tr> <tr> <th style="padding: 5px;">běh</th> <th style="padding: 5px;">klid</th> <th style="padding: 5px;">běh</th> <th style="padding: 5px;">klid</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td style="padding: 5px;">400</td><td style="padding: 5px;">5</td><td style="padding: 5px;">5</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td style="padding: 5px;">800</td><td style="padding: 5px;">10</td><td style="padding: 5px;">15</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td style="padding: 5px;">1600</td><td style="padding: 5px;">15</td><td style="padding: 5px;">30</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td style="padding: 5px;">2400</td><td style="padding: 5px;">20</td><td style="padding: 5px;">40</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td style="padding: 5px;">3200</td><td style="padding: 5px;">30</td><td style="padding: 5px;">60</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td style="padding: 5px;">4000</td><td style="padding: 5px;">60</td><td style="padding: 5px;">120</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr> <td style="padding: 5px;">5000</td> <td style="padding: 5px;">60</td> <td style="padding: 5px;">120</td> <td colspan="2" rowspan="2"></td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">6000</td> <td style="padding: 5px;">30</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="9"></td> <td style="text-align: center; padding: 5px;">-</td> </tr> </tbody> </table>										Podmínky záběhu			Záznam teplot [°C]				Teplota prostředí [°C]	Poznámka	otáčky [1/min]	běh [min]	klid [min]	A		B		běh	klid	běh	klid	400	5	5							800	10	15							1600	15	30							2400	20	40							3200	30	60							4000	60	120							5000	60	120			6000	30											-
Podmínky záběhu			Záznam teplot [°C]				Teplota prostředí [°C]	Poznámka																																																																																													
otáčky [1/min]	běh [min]	klid [min]	A		B																																																																																																
			běh	klid	běh	klid																																																																																															
400	5	5																																																																																																			
800	10	15																																																																																																			
1600	15	30																																																																																																			
2400	20	40																																																																																																			
3200	30	60																																																																																																			
4000	60	120																																																																																																			
5000	60	120																																																																																																			
6000	30																																																																																																				
									-																																																																																												
<p>Vyplněný záznam přiložit k „Montážnímu záznamu stroje“, předat TKJ MOV.</p>																																																																																																					
Dne:			Záběh provedl:				Kontroloval:																																																																																														